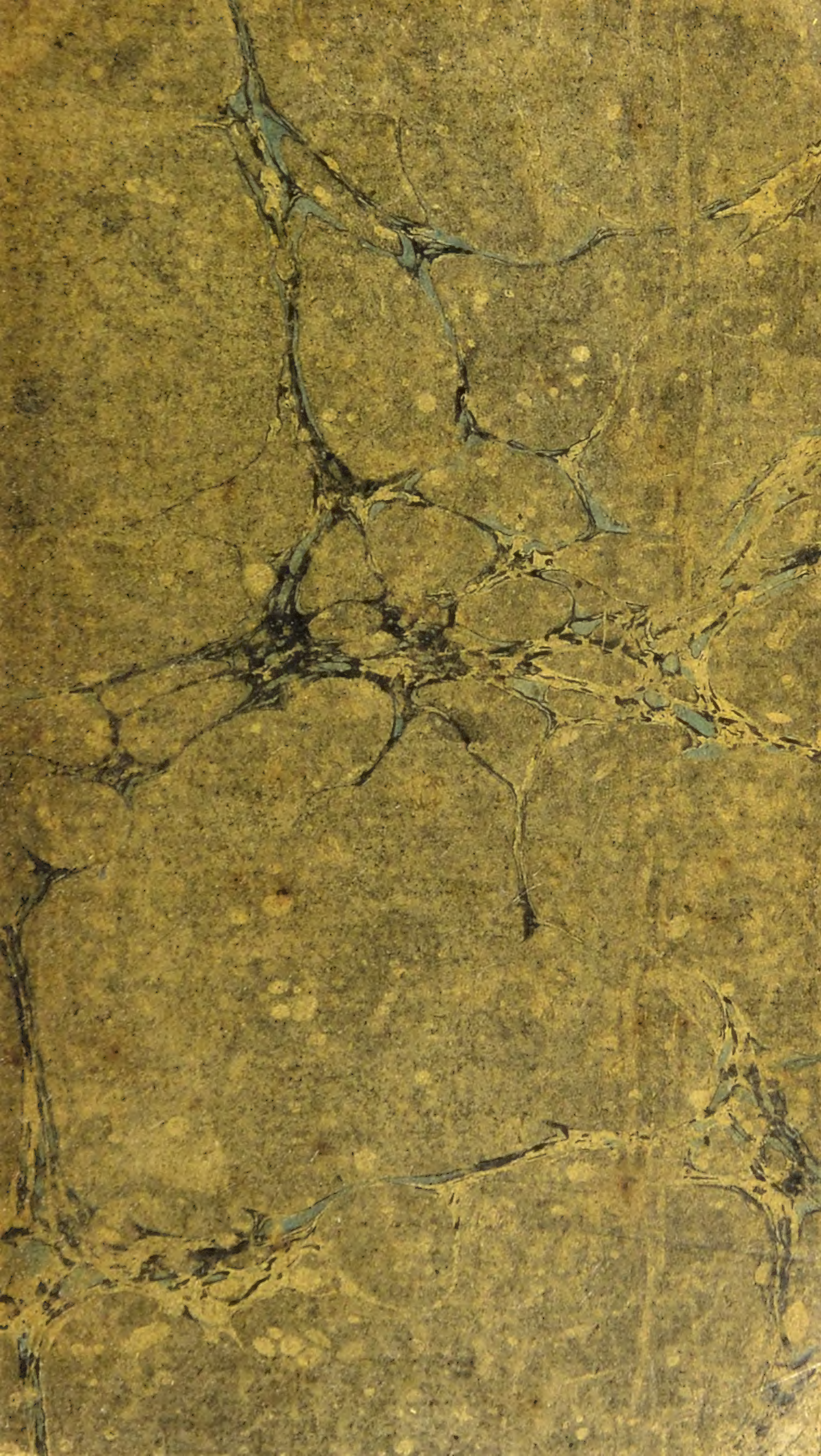


PICTET

Dieser Versuch ist der 1ste Theil
vom Essai de Physique des Pictet

Markus Augustus Picktet's,

Professors der Philosophie in Genf,

Versuch

über das

Feuer.

Nata est Ars ab Experimento.

Quintil.

Aus dem Französischen.

Mit einem Kupfer.

Tübingen 1790.

In der J. G. Cottaischen Buchhandlung.

Vorbericht.

Der Versuch, den ich hiemit bekannt mache, ist die Frucht einer oft unterbrochenen Arbeit, und in jeder Rüksicht ein unvollkommnes Werk; er würde es noch mehr seyn, wenn ich ihn schon vor zwey Jahren, wo er gröſstentheils fertig war, bekannt gemacht hätte. Seit dieser Zeit stellte ich mehrere Versuche an, die mich in den Stand sezten, ihn mit neuen Thatsa-

chen

chen zu bereichern, und Meynungen, denen ich beygepflichtet hatte, zu verbessern.

Auf der andern Seite aber war es eine Folge dieser Verzögerung, daß mir in der Bekanntmachung einiger Hauptsäze, die das erste Kapitel enthält, vorgegriffen wurde: Herr Lavoisier betrachtet in seinem erst kurz erschienenen, für die Chymie höchst wichtigen Werk: Traité élémentaire de Chymie, die Modificationen des Feuers auf eine Art, die überaus viel ähnliches mit meiner Vorstellungs-Art hat, ja gewisse Abschnitte meiner Schrift stimmen fast wörtlich mit dem Vortrag dieses gelehrten Chymikers überein; dem ungeachtet ließ ich sie ganz so stehen, wie ich sie geschrieben hatte, und wie sie die Herren de Saussüre, Senebier und andere meiner Freunde schon zwey Jahre vor der öffentlichen Bekanntmachung gelesen hatten. Das Zeugniß dieser Gelehrten und Anderer, die seit drey Jahren die Entwiklung

der

der Theorie, die ich in meinem ersten Kapitel vortrage, in meinen Vorlesungen anhörten, muß mich von allem Verdacht des Plagiats befreyen; und in dieser Rüksicht ist es mir viel zu schmeichelhaft, mit jenem Gelehrten auf einem Weg zusammengekommen zu seyn, als daß ich es hätte unterlassen können, meine Leser darauf aufmerksam zu machen.

Da ich aber nun einmal so lang gezögert habe, so hätte ich vielleicht die Bekanntmachung dieser Schrift noch länger aufschieben sollen. Man wird sehen, daß die Versuche des zweyten Kapitels unter andern Umständen hätten wiederholt, und die des sechsten auch auf die verschiedenen bekannten luftförmigen Stoffe hätten ausgedehnt werden sollen; aber meine besondere Lage erlaubt mir, weder meine Zeit nach meinem Gefallen anzuwenden, noch mit Gewisheit voraus zu bestimmen, wann ich zur

Vollendung dieser Arbeit Musse haben werde; ich hielt es daher für besser, diesen ersten Versuch jezt bekannt zu machen, wobey ich mehr die Absicht habe, den Physikern neue Gegenstände der Untersuchung zu zeigen, und der Experimental-Physik neue Wege zu öfnen, als sie zu ebnen.

Innhalt.

Inhalt.

Versuch über das Feuer.

Erstes Kap.

Einleitung — Ungewisheit der Natur des Feuers — Man kann seine Modificationen aus vier Gesichtspuncten betrachten — Freyes Feuer — Spezifische Wärme — Verborgene Wärme und gebundenes Feuer — Weitere Ausführung dieses Gegenstands.]

§. 1.

Der gegenwärtige Gang der Wissenschaften, die sich auf Kenntniß der Natur beziehen, verspricht die schnellsten Fortschritte; eine Folge davon sind die zahlreichen Entdeckungen, die unser Zeitalter so vortheilhaft auszeichnen, und die schönsten Aussichten auf die Zukunft eröffnen. Man hat nun endlich eingesehen, daß man den Baum dieser Wissenschaft mit weit mehr Vortheil an seinen Aesten, als an seinem Stamm angreiffe; daß man Thatsachen sammeln, sie auf alle mögliche Arten verändern, und zu Systemen und Theorien nur als zu Classifications-Methoden seine Zuflucht

 nehmen

nehmen und sie als Lichter gebrauchen müsse, die uns zwar unfehlbar bis auf ein gewisses Ziel hin in der Untersuchung grosser Wahrheiten leiten, aber auch irre führen können.

§. 2.

Neigung und Beruf fordern mich zur Bearbeitung der physikalischen Wissenschaften auf, und machen es mir zur Pflicht, meine Bemühungen mit denen meiner Zeitgenossen zu verbinden, und zur Vermehrung der Masse der Erfahrungen, worauf sich unsere Kenntnisse in diesem Fach ganz gründen, das Meinige beyzutragen. In dieser Absicht mache ich meine vorzüglichsten Versuche mit ihren Resultaten bekannt, und überlasse die weitere Verarbeitung dieser Materialien geschikteren Händen.

§. 3.

Das Feuer, dessen Modifikationen zum Theil durch die Versuche dieser Schrift entwikelt werden, kann zum Beweis der demüthigenden Wahrheit dienen, daß sich unsere positiven Kenntnisse blos auf Wirkungen einschränken. Die Alten hatten seltsame Begriffe von seiner Natur. Die Wärme, die sie die himmlische nannten, die, welche sie bey der Verbrennung, im siedenden Wasser, bey der Gährung, oder in dem thierischen Körper wahrnahmen, waren ihnen eben so viele verschiedene Gattungen von Wärme. Nun ist man von diesen Irrthümern zurükgekommen; aber bey dem Allem sind noch die größten Physiker unserer Zeit über die Natur

tur des Feuers nicht einig. Einige halten es blos für eine Modifikation der Körper, oder für eine schwingende Bewegung der Elementar-Theile, die zusammen den sichtbaren Körper darstellen, und leiten die Veränderungen der Temperatur von der veränderten Stärke dieser Schwingungen her: Nach andern aber ist das Feuer eine Flüssigkeit von eigener Art (sui generis), die leicht alle Körper durchdringet, unglaublich sich ausbreitet, und vermittelst ihrer Elastizität, oder einer andern Ursache, alle Körper, in die sie eingedrungen, in einen grössern Raum ausdehnet. Unter den Physikern, die das Feuer für eine eigene Substanz halten, sind einige, die es für ein allgemein verbreitetes elastisches Fluidum ansehen, das in Schwingung versezt werden könne; und hieraus erklären sie seine hauptsächlichsten Wirkungen: Andere aber betrachten es als einen besondern, stralenförmigen Ausfluß, der sich aus dem warmen Körper ergiesse, und nach gewissen Gesezen sich um ihn herum ausbreite. Einige behaupten, das Feuer habe gar keine Schwere; Andere, es sey so gar nicht schwer, daß es vielmehr die Körper durch seine Verbindung mit ihnen leichter mache; diese halten es für ein einfaches Wesen, für ein wahrhaftes Element: jene für zusammengesezt. Dieser Widerspruch in Meynungen gleich angesehener Gelehrten, und ihre wenige Uebereinstimmung in den Thatsachen selbst beweisen nur zu sehr die demüthigende Wahrheit, von der ich eben redete. Jede der beyden angeführten Meynungen

hat ihre Vortheile, aber auch ihre Schwierigkeiten, sie erklären die Phänomene beynahe gleich gut, und daher ist es bey dem wirklichen Zustand der Wissenschaft schwer zu entscheiden, ob das Feuer eine eigene Substanz oder blos eine Bewegung der Materie sey. Uebrigens läßt sich der Ausdruk Quantität, in Beziehung auf die Ursache der Wärme gebrauchen, man mag diese für eine eigene Materie oder für eine Bewegung derselbigen ansehen.

§. 4.

Ich meines Theils bin sehr geneigt, das Feuer mit einem der ersten Chymiker unsrer Zeit *), nicht nur für eine Substanz, sondern für das allgemein wirkende Wesen zu halten, welches das allgemeine Gesez der Verwandtschaft, nach dem sich die feinsten Theile der Materie zu ganzen Körpern zu vereinigen bestreben, ohne Aufhören abändert. Demnach stelle ich mir den nemlichen Körper bald in einem festen, bald in einem tropfbaren (liquide), bald elastisch-flüssigen (fluide elastique) Zustand vor, je nachdem die ausdehnende Kraft des Feuers in ihm kleiner, oder eben so groß, oder grösser ist, als die Verwandtschaft des Zusammenhangs seiner Elementartheile. Diese Idee scheint mir viel zu schön, und der Beschaffenheit der Phänomene und der Einfachheit der Natur viel zu angemessen zu seyn, als

*) Herr Lavoisier, auch Hr. de Saussure trug in seinen Vorlesungen schon seit langer Zeit die nemliche Theorie vor.

als daß ich sie nur für eine Hypothese halten könnte.

§. 5.

Wärme heißt eigentlich die Empfindung, die in einem belebten Körper durch die Gegenwart des Feuers verursacht wird: man bezeichnet aber auch mit diesem Wort den Zustand eines unbelebten Körpers, wann er Feuer enthält; in diesem Sinn sagt man, die Wärme des rothglühenden Eisens; endlich hat die Gewohnheit den Gebrauch dieses Ausdruks auch in einem weniger richtigen Sinn eingeführt, da mehrere Schriftsteller unserer und der englischen Nation der Ursache diesen Namen geben, der doch ausschließlich blos der Wirkung zukommt. Sie nennen das Feuer in seinem freyen Zustand Wärme, bisweilen Wärme-Materie, manche auch feurige Flüssigkeit (fluide igne), Wärme erzeugende Flüssigkeit (fluide calorifique), und berühmte Chymiker, die eine neue Nomenclatur vorgeschlagen haben, heissen es Wärmestoff (calorique), ein glücklicher Ausdruk, der unfehlbar allgemein angenommen werden wird.

§. 6.

Denkt man über die Phänomene nach, die das Feuer nach den bisherigen Entdeckungen in den Körpern hervorbringt, so scheint es, man könne sie in vier Classen theilen, die uns dasselbige aus eben so vielen Gesichtspuncten zeigen: man kann es nemlich betrachten als freyes (libre) Feuer, als spezi-

 fische

fische Wärme (specifique), als verborgene Wärme (latente), und als chymisches oder als Bestandtheil mit den Körpern verbundenes Feuer (chymique ou combiné). Man kann es also erstlich betrachten, als an einem gewissen Ort, durch irgend eine Ursache entwickelt, mit dem Bestreben, sich um die Feuerquelle als um einen Mittelpunct unter der Gestalt eines unsichtbaren Ausflusses zu verbreiten, der sich nach gewissen Gesezen und mit gewisser Geschwindigkeit fortpflanzt, alle im Weg stehende Körper bald leichter bald schwerer durchdringt, in belebten die Empfindung der Wärme verursacht, und beynahe in allen andern ihren Umfang erweitert und vergrössert. In diesem Zustand heißt es feurige Flüssigkeit, freye Wärme-Materie, thermometrisches Feuer, oder nach einigen schlechthin Wärme.

§. 7.

Je nachdem das Feuer bey dieser seiner Bewegung eine Substanz in grösserer oder geringerer Menge durchdringt, nimmt auch ihr Umfang mehr oder weniger zu; und diese Wirkung ist das allgemeinste Kennzeichen seiner Gegenwart. Auf diese Eigenschaft gründet sich die Methode, seine Grade zu messen, indem man sich hiezu solcher Substanzen bedient, deren Ausdehnung mit der Zunahme der Wärme in möglich genauestem Verhältniß stehet. Vor allen anderen hat man zu dieser Absicht mit dem glüklichsten Erfolg das Quecksilber erwählt,

und

und auf jenen Grundsaz die Einrichtung und den Gebrauch der Thermometer gegründet. Sie zeigen immer die Gegenwart des freyen Feuers, und bestimmen ziemlich genau seine Vermehrung und Verminderung, so lang beyde innerhalb gewissen Grenzen bleiben.

§. 8.

Die unveränderlichste Eigenschaft des Feuers in seinem freyen Zustand ist sein beständiges Streben nach Gleichgewicht, vermöge dessen es sich von einem Ort aus, wo es in einem Zustand grösserer Spannung (tension) ist, gegen den hin verbreitet, wo es eine geringere antrift, (was ich unter Spannung (tension) verstehe, soll sogleich erkläret werden). So befindet sich jeder erwärmte Körper in einem gewissermassen gezwungenen Zustand, das Feuer bleibt hauptsächlich deßwegen in ihm, weil es durch das Feuer um ihn herum zurükgedrängt, und von seiner Ausbreitung abgehalten wird: überhaupt kennt dieses Fluidum in diesem Zustand keinen andern Zaum, als sich selbst; das Gleichgewicht, das manchmal daraus entsteht, heißt Temperatur.

§. 9.

Hieraus läßt sich leicht abnehmen, was es für eine Bewandtniß mit den Anzeigen der Thermometer habe. Man stelle sich ein Gefäß voll Wasser und ein Thermometer vor, und nehme gar keine Rüksicht auf die Luft, die beyde umgibt. Das

Wasser und das Quecksilber im Thermometer enthalten beyde Feuer, das in dem einen wie in dem andern ein Bestreben äussert, sie zu verlassen. Wenn dieß Bestreben in beyden gleich ist, so wird, wenn man das Thermometer ins Wasser taucht, das Quecksilber weder steigen noch fallen; es wird ein völliges Gleichgewicht statt finden, weil die Spannung *) des Feuers in beyden gleich ist, und das Thermometer wird auf seiner Skale den Grad der Temperatur des Wassers anzeigen.

Wäre die Spannung des Feuers in dem Wasser grösser, als in dem Thermometer, so würde sich dasselbe aus jenem in dieses verbreiten, bis es hier eine hinlängliche Spannung erreicht hätte, um einem fernern Zufluß zu widerstehen. Das Thermometer, das die ganze Zeit über stieg, als das Feuer aus dem Wasser in die im Thermometer enthaltene Substanz einströmte, würde still stehen, wann es den Punct des Gleichgewichts erreicht hätte, und dann die Temperatur der Flüssigkeit anzeigen.

Wäre endlich die Spannung des Feuers in dem Wasser geringer als in dem Thermometer, so würde

*) Ich wählte diesen Ausdruk tension, weil er bereits durch Hrn. Volta in einem ähnlichen Sinn, aber in Bezug auf das elektrische Fluidum eingeführt ist. Wenn ich nicht befürchtet hätte, der Neuerungssucht beschuldiget zu werden, so hätte ich das Wort expansiveté vorgezogen, das die Idee weit deutlicher und richtiger ausdrükt.

de sich der Ueberschuß aus diesem in das Wasser verbreiten, bis das Gleichgewicht hergestellt wäre. Das Thermometer würde so lange fallen, als die Wärme ausströmte, bis endlich die Spannung des Feuers in ihm der in der Flüssigkeit gleich wäre, und dann seine Temperatur anzeigen.

§. 10.

Diese Spannung des freyen Feuers in einer Substanz hängt von zwey Ursachen ab, nemlich von dem Grad seiner wirklichen Anhäufung oder seiner absoluten Dichtigkeit, und von dem grössern oder geringern Vermögen der Substanz, das angehäufte Feuer zu erhalten, oder vielmehr zurükzuhalten: Dieses ihr Vermögen heißt ihre **spezifische Wärme**, welchen Begriff wir gleich weiter entwickeln wollen. Die Spannung des Feuers steht im geraden Verhältniß mit seiner Dichtigkeit, und im umgekehrten mit der spezifischen Wärme.

Beyläufig erhellet hieraus, daß uns die Thermometer bey weitem nicht über die absolute, ja selbst nicht über die relative Quantität der Wärme des Körpers belehren, dessen Temperatur durch sie gesucht wird: sie zeigen uns blos das Spiel der feurigen Flüssigkeit, und theilen nur einen gewissen Raum der totalen Wärme-Skale, deren ganzen Umfang wir nicht kennen, in aliquote Theile, die nur beynahe einander gleich sind.

§. 11.

Man siehet ferner, daß, da das Thermometer bey seinem Gebrauch in der Untersuchung der Tempera-

peratur der Körper beynahe immer Feuer empfangt oder abgibt, man, um physikalisch richtige Beobachtungen zu erhalten, das Werkzeug von hinlänglich kleinem Volumen verfertigen müsse, damit die Quantität Feuer, die es empfangt oder abgibt, ohne merklichen Fehler übersehen werden könne.

§. 12.

Wenn wir eine gewisse Feuerstätte annehmen, von der aus, als aus einem Mittelpunct, sich ein erwärmender Ausfluß beständig und gleichförmig ergießt, und wenn wir um diesen in gleichen Entfernungen mehrere Körper von einerley Natur und Grösse stellen: so werden diese alle auf gleiche Weise von der Wärme durchdrungen werden, ihre Temperatur wird mit gleichen Schritten wachsen, und ihren höchsten Punct alsdann erreicht haben, wenn das Feuer durch seine Anhäufung eine hinlängliche Spannung erlangt hat, um neuen Zuflüssen zu widerstehen. Stellen wir nun aber um die nemliche Feuerstätte in gleichen Entfernungen Körper von zwar gleichen Massen oder Gewichten, aber von verschiedener Natur, z. E. ein Pfund Wasser, ein Pfund Glas und ein Pfund Quecksilber: so wird sie gleichfalls alle das Feuer durchdringen, und sie auch am Ende auf eine gleiche Temperatur erheben, aber in verschiedenen Zeiten, und mit ungleichen Schritten. Dieser Erfolg hängt von zwey Ursachen ab, die schwer von einander zu unterscheiden sind. Die eine ist die verschiedene Beschaffenheit

der

der Körper, nach der sie der Feuer-Materie einen mehr oder minder freyen Durchgang (permeabilité) verstatten, oder sie schneller oder langsamer fortleiten, (faculté conductrice); vermöge dieser Eigenschaft braucht die Wärme eine längere oder kürzere Zeit, um in die Zwischenräume der Körper einzudringen: die andere ist das verschiedene Vermögen der Körper, den freyen Wärme-Stoff zu enthalten, oder um es richtiger auszudrücken, ihn zurükzuhalten; je grösser dieses Vermögen ist, oder diese Capacität, wie man sie genannt hat, oder Verwandtschaft, wie man sie meines Erachtens nennen sollte, desto grösser ist auch die Summe des Feuers, das sich in dem Körper anhäuft, bis das Gleichgewicht erreicht ist, folglich wenn man gleich aus dem erreichten Gleichgewicht des Feuers in Körpern von verschiedener Natur aber gleichen Massen auf eine gleich starke Spannung desselben schliessen darf, so folgt doch hieraus bey weitem nicht, daß diese gleich starke Spannung eine gleich starke Anhäufung der Wärme in diesen Körpern zur Ursache habe.

§. 13.

Diese Betrachtungen, von denen man sich eine ganz deutliche Vorstellung machen muß, werden durch folgendes Beyspiel noch mehr erläutert werden:

Wenn man in ein Gefäß mit Wasser ein Pfund trockenen Schwamm, ein Pfund Löschpapier und ein

ein Pfund einer lockeren Gattung Holz zu gleicher Zeit eintaucht: so werden nach einer gewissen Zeit alle diese Körper gleich stark befeuchtet seyn, und so viel Wasser halten, als sie fassen können.

Das Löschpapier wird zuerst vom Wasser durchdrungen seyn, als eine Substanz, die dieser Flüssigkeit einen sehr leichten Eingang verstattet.

Der Schwamm wird langsamer gesättiget werden, und das vielleicht aus zwey Ursachen, weil erstlich der trockene Schwamm das Wasser nicht so leicht durchläßt, als das Papier, und dann weil er viel mehr Wasser aufnehmen kann als dasselbe; folglich braucht er, unter sonst gleichen Umständen mehr Zeit, sich mit Wasser zu sättigen.

Das Holz endlich wird noch weit mehr Zeit nöthig haben, sich zu befeuchten, wenn es gleich wenig Capacität hat, weil es das Wasser nicht so leicht als die beyden andern Substanzen durchläßt.

Nimmt man nun diese drey Körper aus dem Wasser heraus, so findt man sie dem Ansehen nach sowohl von aussen als von innen gleich feucht; aber doch enthalten sie bey weitem nicht gleiche Quantitäten Wasser. Das Papier wird mehr verschluckt haben, als das Holz, und weniger, als der Schwamm. Eben diese Bewandtniß hat es mit Körpern von gleichen Massen und verschiedener Natur, wenn sie in eine erwärmende Atmosphäre gebracht und zu gleicher Temperatur erwärmt werden; diese Vergleichung halte ich für so passend,

daß

daß ich die Verwandtschaft des Wassers, nach der es befeuchtet, als ganz identisch mit der Verwandtschaft des Feuers ansehe, nach der dieses erwärmt, in Dünste verwandelt, und überhaupt alle superficielle Auflösungen *) (solutions) hervorbringt; diese Verwandtschaft ist dann, wie mich dünkt, einerley mit der Verwandtschaft des Zusammenhangs, oder der physischen Verwandtschaft, wie ich sie im Gegensaz gegen chymischer oder Wahl-Verwandtschaft nenne.

Wenn man die Körper, die uns zum Beyspiel gedient haben, in dem Augenblik, als man sie aus dem Wasser nimmt, mit dem Hygrometer untersuchen könnte, so würde dieß weiter nichts anzeigen, als daß sie alle gleich feucht seyen, über die wahre Quantitäten Wasser aber, die sie enthalten, uns ganz in Ungewißheit lassen; und eben so sagt uns ein Thermometer, womit die Temperatur gleich erhizter Körper untersucht wird, blos so viel, daß das Feuer in allen ein gleiches Bestreben sie zu verlassen äussere, belehrt uns aber nicht über die absoluten, selbst nicht über die relativen Mengen Feuer, die dieses Bestreben verursachen. Hingegen würde man die relativen Quantitäten Wasser, die unsere drey Körper befeuchteten, kennen lernen, wenn man sie bis auf einerley Grad in einem Apparat trok-

*) Die von den wesentlichen Auflösungen (dissolutions) sehr unterschieden sind. (S. Gehlers physic. Lexicon den Art. Auflösung. Der Uebers.)

trocknete, der das aus jedem von ihnen ausgehende Wasser besonders aufnähme.

Eben so würde man die relativen Quantitäten der Wärme verschiedener, bis auf einerley Grad des Thermometers erhizter Körper finden, wenn man sie bis auf einerley Grad vermittelst einer eigenen Vorrichtung erkältete, und die aus jedem von ihnen bey der Erkältung ausfliessende Wärme-Menge besonders auffaßte und bestimmte; diesen Endzwek erreicht man entweder durch Vermischungen, oder durch den sinnreichen Apparat, den die Herren Lavoisier und de la Place gebrauchten, vermittelst dessen sie aus dem Gewicht des von einer Menge Eis abgeschmolzenen Wassers auf die spezifische Wärme eines Körpers schliessen. *) Wenn man nun aber auch die befeuchteten Körper, die wir zum Beyspiel angeführt haben, auf einerley Grad von Trockenheit brächte, so würden wir doch nichts anders erhalten, als die relativen Quantitäten Wasser, die sie gleich feucht machten, und gar nicht die absoluten Mengen Wasser, die sie wirklich enthielten, und das deßwegen, weil wir bey ihrer Austrocknung von dem Grad ihrer vollkommenen Trockenheit noch weit entfernt wären. Eben diese Bewandtniß hat es auch mit der Abmessung der Quantitäten von Wärme, die vermittelst einer gleich starken Erkältung aus gleich stark erwärmten Körpern von verschiedener Natur

*) Mem. Acad. 1780. (Lavoisier physikalisch-chymische Schriften, übersezt von Weigel, 3ter Band. pag. 292 sqq.)

Natur und gleicher Masse ausgetrieben werden; auch hier erhalten wir blos die relativen Quantitäten der Wärme, die in ihnen eine gleiche Spannung oder gleich starke Wirkung auf das Thermometer hervorbrachten, aber nicht die absoluten Quantitäten der Wärme, die sie wirklich enthalten; und das deßwegen, weil wir von dem Grad ihrer vollkommenen Erkaltung noch weit entfernt waren. *) Das Feuer aus diesem Gesichtspunct betrach-

*) Ich bemerkte in der Vorrede, daß ich das Glük gehabt hätte, in der Vorstellungsart einiger Ideen auf eine ganz auffallende Weise mit Hrn. Lavoisier auf Einem Weg zusammenzutreffen. Ich kann mich nicht enthalten, dem Leser herzusezen, was dieser berühmte Chymiker in seinem Werk: Traité élémentaire de Chymie. T. I. p. 19. schreibt, damit er es mit meiner obigen Vorstellungsart, die ich zwey Jahre vor der Bekanntmachung dieses für die Chymie höchst wichtigen Werks abgefaßt hatte, vergleichen könne.

„Ein Beyspiel von dem, sagt er, was in dem Wasser vorgeht, und einige Betrachtungen über die Art, „wie diese Flüssigkeit die Körper befeuchtet und durchdringt, wird das Bisherige verständlicher machen: „bey dem Vortrag abstrakter Dinge kann man sich nicht „häufig genug sinnlicher Vorstellungen bedienen.

„Wenn man Stücke verschiedener Holzarten von „gleicher Grösse, z. B. von einem Cubik-Schuh, in „das Wasser einsenkt, so wird dieses nach und nach „in ihre Zwischenräume eindringen, sie werden aufschwellen und an Gewicht zunehmen: Jede Holzart „aber wird eine verschiedene Menge von Wasser in „ihre

trachtet, wie es sich nemlich in grösserer oder geringerer Menge in Körpern von verschiedener Natur, aber von gleichen Massen anhäuft, und in ihnen gleiche Spannung erhält, heißt bey einigen Physikern verborgene (chaleur latente), bey den meisten aber spezifische Wärme: man kann diesen Ausdruk mit dem obengenannten Gelehrten auch so erklären: „Sie sey das Verhältniß der Quantitäten von Wärme, „die erforderlich seyen, um die Temperatur ungleich„artiger Substanzen von gleichen Massen auf eine „gleiche Anzahl Grade zu erheben.“ Der Ausdruk spezifische **Wärme** scheint mir sehr glüklich gewählt zu seyn.

§. 14.

„ihre Zwischenräume aufnehmen, und zwar die leich„testen und lockersten mehr, und die festen und dich„ten weniger: überhaupt wird das Verhältniß der ver„schlukten Wasser-Menge von der Natur der Bestand„theile des Holzes und von seiner grössern oder ge„ringern Verwandtschaft gegen das Wasser abhängen, „und sehr harziges Holz wird, wenn es gleich sehr lo„cker ist, nur sehr wenig einschlucken. Man wird al„so sagen können, daß verschiedene Holzgattungen ei„ne verschiedene Kapazität gegen das Wasser haben, „und man wird sogar durch die Vermehrung ihres Ge„wichts die Menge des eingeschlukten Wassers kennen „lernen; da man aber die Menge von Wasser, die sie „vor dem Eintauchen in dasselbe halten, nicht kennt, „so ist es unmöglich, die absolute Menge von Wasser „zu erfahren, die sie nach dem Eintauchen enthal„ten.“

§. 14.

Diese Modifikation des Feuers hatten die Physiker bis auf unsere Zeiten ausser Acht gelassen. Die ersten Spuren davon finde ich in dem mit Recht berühmten Werk des Hrn. de Luc über die Veränderungen der Atmosphäre *), das im Jahr 1772. öffentlich bekannt wurde; auch hatte sie Doctor Black zu Edimburg in seinen Vorlesungen zu gleicher Zeit entwickelt. Alsdann haben die vereinigten Bemühungen dieses berühmten Chymikers, der Herren Lavoisier und de la Place in Frankreich, des Hrn. Wilke in Schweden, des Ritters Landriani in Mayland, der Doctoren Crawford und Irwine, der Herren Kirwan, Watt und Magellan in England, dieses neue Feld der Physik beträchtlich erweitert. Sie giengen den Weg der Versuche, und nahmen die spezifische Wärme des Wassers zur Einheit und zum allgemeinen Maas der Vergleichung an, und Einige von ihnen lieferten auch Tafeln über die Verhältnisse

*) Ich weiß nicht, sagt er, ob wir uns eine richtige Vorstellung von der Gleichheit oder Verschiedenheit der Wärme in Körpern von verschiedener Natur machen, wenn wir sie nach dem Augenschein oder nach der Anzeige des Thermometers beurtheilen wollen. Es hat sehr wenig Wahrscheinlichkeit, daß verschiedene Körper, die wir gleich warm heissen, weil sie das Thermometer auf einerley Grad erheben, eine gleiche Menge Feuer in einerley Volumen oder selbst in gleichen Massen enthalten. (Untersuchungen über die Atmosphäre, §. 973.)

nisse der spezifischen Wärme von sehr vielen festen, flüssigen und luftförmigen Substanzen.

§. 15.

Aber fehlte man wohl nicht in der Verfertigung dieser Tafeln, daß man das Volumen der Körper bey den Versuchen in Anschlag zu bringen unterließ, und bey der Bestimmung der specifischen Wärme blos allein auf das Gewicht oder auf die Menge der Materie Rüksicht nahm? Mich dünkt, daß man sich einen weit deutlichern Begriff von dieser Modifikation des Feuers machen könnte, wenn man auch das Volumen der Körper in Anschlag brächte. Z. B. ein Pfund Luft nimmt ungefähr einen 800mal grössern Raum ein, als 1 Pfund Wasser; denken wir uns nun diese beyden verschiedenen Räume von Luft und Wasser leer, so müßte sich bey gleicher Spannung des Feuers in dem ersten 800mal mehr Feuer als in dem andern befinden. Setzen wir aber wieder beyde, die Luft und das Wasser, an ihren Plaz, und fragen die Tafeln der Verhältnisse der spezifischen Wärme der Körper, so finden wir, daß das Pfund Luft, das einen 800mal grössern Raum einnimmt, nur $18\frac{1}{2}$mal mehr Feuer erfordere, das Thermometer um einen Grad zu erheben, als das Pfund Wasser, das einen 800mal kleinern Raum einnimmt. Diese Vorstellungsart zeigt uns weit besser, die verhältnißmäßig grosse Kraft, mit der das Wasser das Feuer zurükhält, oder seine spezifische Wärme.

§. 16.

Dieses in der Luft durch Verwandtschaft gebundene Feuer kann sich bis auf einen gewissen Punct von dem trennen, das durch das umgebende Feuer in dem absoluten Raum zusammengedrängt ist, den diese nemliche Luft bey einem gegebenen Druck der Atmosphäre einnimmt. Hieraus erklärt sich ein Versuch, den Lambert in seiner Pyrometrie angezeigt, und Hr. de Saussüre in einem vollkommen ausgetrockneten Recipienten wiederholt hat*); auch ich stellte ihn mehrmals an. Wenn man in einem Recipienten, der ein Thermometer in sich schließt, einen luftleeren Raum erhalten hat, und alsdann plözlich die Luft des Zimmers von eben der Wärme, als das Thermometer im Recipienten anzeigt, in diesen eindringen läßt, so steigt dieses innere Thermometer augenbliklich um ungefähr 2° der 80theiligen Skale. In der Erklärung dieser Erscheinung stimme ich, so wie auch Hr. de Saussüre, ganz der Meynung des berühmten Geometers bey, daß nemlich die Wärme-Menge, die durch die eindringende Luftmasse in den Recipienten geführt wird, sich mit der vereinige, die schon zuvor in dem Recipienten war, ohne mit irgend einer Substanz zusammengehängt zu haben, und daß dann durch die Vereinigung dieser doppelten Menge Wärme in dem nemlichen Raum die beobachtete Erhöhung der Temperatur bewirkt werde: das Gegentheil zeigt sich, wenn man die Luft im Recipienten schnell verdünnt,

*) Versuch über die Hygrometrie.

und diese zweyte Erscheinung bestättiget die Erklärung der ersteren. Zudem veränderte ich noch den nemlichen Versuch, indem ich die Kugel eines Thermometers an dem Ende einer Druk-Pumpe anbrachte, und auch hier stieg es bis ungefähr auf 2° in dem nemlichen Augenblik, als ich den Stempel schnell bewegte, und sich die Luft am Ende der Maschine, wo das Thermometer angebracht war, verdichtete.

§. 17.

Dieser nemliche Versuch scheint auch zu beweisen, daß das Feuer nicht blos eine Bewegung der Materie, sondern eine eigene Substanz sey, da das Thermometer, das bey der Verdünnung der Luft anfänglich erkältet wird, in dem leeren Raum wieder genau zu der Temperatur der äussern Luft emporsteigt; man wollte denn den Einwurf machen, daß auch bey der vollkommensten Verdünnung, die wir durch unsere Maschinen bewerkstelligen können, doch noch so viel Luft-Materie übrig bleibe, daß die Schwingungen derselben nicht blos einige Wärme, sondern genau den Grad der Wärme, den die äussere Luft und Körper umher zeigen, hervor bringen können. Das bleibt aber immer gewiß, daß, wenn man das Feuer als eine eigene, elastische, sehr feine Flüssigkeit annimmt, die das Glas nicht ohne Schwierigkeit durchdringt, jene Erscheinung glücklicher erklärt wird.

§. 18.

Man wollte die Verschiedenheit der spezifischen Wärme verschiedener Körper dadurch erklären, daß man sie als eine Folge der verschiedenen Capacität der Körper gegen die Wärme, wie man sie nannte, ansahe, oder als eine Folge ihrer verschiedenen Fähigkeit nach Beschaffenheit ihrer verschiedenen innern Einrichtung mehr oder weniger Feuer-Materie zu enthalten, die sich bald in grösserer bald in kleinerer Menge anhäufen könne, ohne ihre Spannung zu verändern. Dieser Ausdruk scheint mir mehr bequem, als richtig und passend zu seyn, indem er auf die bey Betrachtung der spezifischen Wärme durchaus falsche Vorstellung leitet, daß man dabey einzig und allein auf das **Volumen** der Körper zu achten habe.

§. 19.

Wenn man die Verschiedenheit der spezifischen Wärme der Körper nicht von der ihnen angedichteten verschiedenen Capacität, sondern von ihrer verschiedenen Verwandtschaft, oder, um mich eines vielleicht noch richtigern Ausdrucks zu bedienen, von der geringern Abneigung (moindres repugnances) verschiedener Substanzen gegen das freye Feuer herleitete, so würde man meines Erachtens der wahren Erklärung näher kommen, und diese Classe von Phänomenen den nemlichen Gesezen, welche uns die Physik und Chymie bey andern Ereignissen wahrzunehmen zwingt, unterordnen können.

Man sieht wohl, daß durch diese verschiedene Verwandtschaft der Körper gegen das freye Feuer dieses mehr oder minder stark in ihnen zurückgehalten werden muß; nun wird aber der Grad seiner Spannung immer nur durch den Ueberschuß seiner natürlichen ausdehnenden Kraft über die anziehende Kraft der Bestandtheile der durchdrungenen Substanz bestimmt werden, folglich muß, wenn die Spannung des Feuers in verschiedenen Körpern gleich ist, oder mit andern Worten, wenn sie gleiche Temperatur haben, ihre spezifische Wärme ihren Fähigkeiten, das freye Feuer zurükzuhalten, oder ihrer Verwandtschaft gegen die Wärme-Materie proportional seyn.

§. 20.

Ich sagte im 12. §. daß die Beschaffenheit der Körper, nach der sie der Wärme einen mehr oder minder freyen Durchgang verstatten (perméabilité), oder sie schneller oder langsamer fortleiten (faculté conductricé), sehr schwer von ihrer spezifischen Wärme zu unterscheiden sey; doch zeigt sich ein Mitel, dieß durch Versuche zu leisten. Wenn alle Körper der Wärme einen gleich leichten Durchgang verstatteten, so müßten die Zeiten, in denen verschiedenartige Körper von gleichen Massen durch einerley Wärme erregende Ursache zu gleicher Temperatur erhoben werden, nach einem gewissen Gesez mit den Quantitäten der Wärme, die diese Temperatur hervorbrachten, oder mit der specifischen Wärme jener Kör-

per

per im Verhältniß stehen: wenn nun dieses Gesez vorläufig bekannt wäre, so würde, wie es scheint, die Vergleichung der spezifischen Wärme verschiedener Körper von gleichen Massen mit den Zeiten, in denen diese Körper durch einerley Wärme erregende Ursache zu einerley Temperatur erhoben werden, auf den von der spezifischen Wärme abgesonderten Begriff ihrer Leitungskraft führen. Ich glaube nicht, daß je Versuche auf diesen Endzweck hin angestellt worden sind.

§. 21.

Betrachtet man das Feuer als das einzige wirkende Mittel bey den beyden Verwandlungen der Körper aus dem festen Zustand in den tropfbar flüssigen, und aus diesem in den elastisch flüssigen, so zeigt es sich da aus einem dritten Gesichtspunct, der zwar immer viel Aehnlichkeit mit dem vorigen hat, aber doch von ihm unterschieden zu werden verdient:

Die nemliche Substanz besizt nicht nur eine verschiedene spezifische Wärme, je nachdem sie sich in einem von diesen dreyen Zuständen befindet, sondern sie modifizirt auch bey dem wirklichen Vorgang ihrer Verwandlung aus einem Zustand in den andern die Materie des Feuers auf eine ganz besondere Art; die Entdeckung dieser Modification hat man dem unsterblichen Blak zu verdanken, der ihr den Namen verborgene Wärme (chaleur latente) gab. Dieser Begriff wird am besten erklärt werden, wenn

ich blos die Phänomene darlege, die ihn veranlaßten.

Es sey ein Stück Eis so weit erkaltet, daß ein in dasselbige eingeseztes Thermometer 10° unter dem Gefrierpunct anzeigt *), und dieses Stück Eis sey einem beständigen gleichförmigen Wärmestrom ausgesezt. Das in dem Eis stehende Thermometer wird anfangs gleichförmig von dem zehnten Grad bis zur Null oder bis zum Gefrierpunct steigen, und hier stille stehen, wenn gleich der erwärmende Ausfluß der nemliche bleibt, und dem Ansehen nach die Temperatur wie bisher immer mehr erheben sollte.

Dieser ununterbrochen fortdaurende Wärmestrom wirkt also nicht mehr auf das Thermometer, seitdem es bey 0 Grad angelangt ist; seine Wirkung schränkt sich darauf ein, den Zustand des Eises zu verändern, und es in Wasser zu verwandeln; so lang nun diese Verwandlung dauert, bleibt es unveränderlich auf 0 Grad stehen.

Das Feuer verliert also hier seine erwärmende Kraft, und die Menge von Wärme, die bey dieser Verwandlung aufgewandt, und dem Ansehen nach unwirksam gemacht wird, ist so groß, daß wenn das Thermometer statt in festes Wasser in gleich viel flüssiges von gleicher Temperatur gestellt worden wäre, es während der Zeit, als das Eis schmolz, und

*) Ich meyne immer die gewöhnliche 80theilige Skale, wann ich nicht ausdrüklich das Gegentheil erinnere.

und vermittelst der Wärme, die dieß verursachte, ungefähr bis auf 60° gestiegen seyn würde.

So bald alles Eis geschmolzen ist, zeigt das Thermometer im geschmelzenen Wasser, vorausgesezt, daß der erwärmende Ausfluß immer der nemliche bleibt, die Grade der Wärme nach dem Verhältniß desselben; es steigt allmählich, aber ein wenig langsamer, als vor dem Zeitpunct, wo das Eis zu schmelzen anfieng. Dieser Unterschied entsteht durch die spezifische Wärme des Wassers, die ein wenig grösser ist, als die des Eises. Das Thermometer fährt nun immer fort zu steigen, und kommt endlich bis an den Siedpunct, und da erscheint das nemliche Phänomen wieder. Ohngeachtet der ununterbrochenen Fortdauer des erwärmenden Ausflusses bleibt das Thermometer auf dem 80sten Grad stehen, aber das Wasser verändert alsdann seinen Zustand; es geht aus dem tropfbar flüssigen Zustand in den elastisch flüssigen über, und die Menge von Feuer, die durch ihre Verbindung mit dem Wasser diese Verwandlung verursacht, verliehrt ihre thermometrische Wirkung. Es geschieht genau das nemliche, was bey dem vorhergehenden Fall bemerkt wurde, und es entsteht ein genaues Gleichgewicht zwischen den Zuflüssen neuer Mengen von Feuer und ihrer Zerstreuung bey der Verwandlung des Wassers in elastische Dünste. Diese Modifikation der Wärme, die von der besondern Art, wie die Bestandtheile einer und eben derselbigen Substanz in solchen verschiedenen Zuständen unter sich

verbunden sind, abhängt, hat den Namen verborgene Wärme erhalten. Sie ist ganz eigentlich verborgen oder verschwunden, denn sie erscheint wieder in ihrer ganzen Menge, und wird wieder freye Wärme bey den umgekehrten Verwandlungen der Körper, nemlich bey dem Uebergang aus dem elastisch-flüssigen Zustand in den tropfbar-flüssigen und aus diesem in den festen.

§. 22.

Die vorzüglichsten Physiker haben das Feuer in diesem Zustand als einen chymisch-verbundenen Bestandtheil der Körper angesehen. *) Dieser Meynung kann ich für meinen Theil nicht beypflichten; denn meines Erachtens sollte man nur das eine chymische Verbindung heissen, die nicht anders als durch die Wirkungen der chymischen Verwandtschaften wieder aufgehoben werden kann. Aber in diesem Fall hatte das Feuer sein Bestreben nach Gleichgewicht, oder sich auszubreiten, was die unveränderlichste Eigenschaft des freyen Feuers ist, nicht verlohren; seine Verbindung mit den Substanzen ist in diesem Zustand so locker, daß die Annäherung eines kalten Körpers sie zu trennen hinreichend wäre. Es ist wahr, das Feuer verliert dabey seine thermometrische und erwärmende Wirkung, aber das rührt daher, weil seine ganze Wirksamkeit, sein *nisus*, daß ich so sage, dazu angewandt wird, um die

*) de Saussüre Versuch über die Hygrometrie. §. 188. de Luc neue Ideen über die Meteorologie. 1ter Thl. §. 213. und 250.

die neu hervorgebrachte Modifikation des Körpers, nemlich seine Flüssigkeit und Elastizität, zu erhalten, und in dem neuen Zustand, in den es die Substanz durch seine Vereinigung mit ihr gesezt hat, der Verwandtschaft des Zusammenhangs ihrer Bestandtheile zu widerstehen. Die ganze Feuer-Menge, die zu dieser Wirkung erforderlich ist, wird so lang, als diese dauert, für alles übrige Null; gerade wie das Wasser, das einen Schwamm befeuchtet und ausdehnet, seine übrigen Eigenschaften, die von der Wirkung seiner Schwere abhängen, verlohren zu haben scheint; es verliert seinen waagrechten Stand, und fällt nicht zu Boden, und doch ist es nicht chymisch mit dem Schwamm verbunden, der geringste Druk macht es von ihm los, und blos sein Zusammenhang oder seine physische Verwandtschaft hält es zurük. Die nemliche Bewandtniß hat es auch mit dem Feuer in den bisher betrachteten Modifikationen; wir sahen es bey dem §. 16. angeführten Versuch mit der Druck-Pumpe gerade so aus der verdichteten Luft ausgehen, als das Wasser aus dem Schwamm ausgeht.

§. 23.

Dieser Zustand des Feuers scheint mir durch den Zustand der neu modifizirten Substanz so charakterisirt zu seyn, daß, wie man Chrystallisations-Wasser dasjenige heißt, das sich mit einer Substanz vereinigt, so wie sie sich chrystallisirt, ich sehr gern auch Flüssigkeits-Wärme (chaleur liquidité) und

Ver-

Verdünstungs-Wärme (chaleur de vaporisation) diejenige Menge von Wärme heissen möchte, die, wie wir bisher gesehen haben, zur Bildung der Flüssigkeit und der elastischen Dünste aufgewandt wird. So würde dieser Begriff immer von dem Begriff der spezifischen Wärme, mit dem man ihn so oft verwechselt, unterschieden.

§. 24.

Endlich existirt auch das Feuer ohne Zweifel als innig und chymisch mit den Körpern verbunden, da es dann einen wesentlichen Bestandtheil von ihnen ausmacht. In diesem Zustand hat es nicht nur alle seine thermometrische und erwärmende Wirkung verlohren, sondern auch sein Streben nach Gleichgewicht, das es in den bisher betrachteten Modifikationen beybehalten hatte. Es ist so stark durch die Bande der chymischen Verwandtschaft gefesselt, daß selbst keine Erkältung es in Wirksamkeit sezen kann. So zeigt es sich zum Beyspiel unabhängig von der spezifischen Wärme in den Säuren, in den bleibend luftförmigen Flüssigkeiten, die, wie es scheint, ihr Daseyn und ihre Elastizität ganz ihm zu verdanken haben, und nur in dem Augenblik, da sich diese Substanzen durch die Wirkung der Wahl-Verwandtschaften zersezen, und neuen Verbindungen Raum geben, geschieht es, daß das Feuer seiner Bande entlediget, seine Wirksamkeit und sein Streben nach Gleichgewicht wieder erhält, und fühlbare Wärme wird. Aber auch dann zeigt sich die

Wärme,

Wärme-Materie nicht in ihrer ganzen Menge, sondern geht gewöhnlich wieder in neue Vermischungen ein, die sie verbergen; sie wird Flüssigkeits- oder Verdünstungs-Wärme, und entgeht in diesem Zustand unsern Sinnen. Uebrigens gibts doch keine chymische Mischung, die mit Zersetzung und neuen Verbindungen begleitet ist, wo sich die Temperatur nicht verändert, und wo nicht folglich Feuer frey gemacht oder verschluckt wird.

§. 25.

Bey diesen Mischungen kann sich das Feuer unter zweyerley Gestalt zeigen: entweder wirkt es in den vermischten Substanzen blos eine neue Ordnung in der Lage der aggregirten Theile gegen einander, wodurch dann eine gewisse Menge Wärme entweder ausgestossen oder verschluckt wird; oder es verursacht eine wirkliche Zersezung, oder eine neue Zusammensezung aller und jeder Grundtheile. Z. B. bey der Vermischung des Wassers und Weingeists, des Wassers und der Vitriolsäure, durchdringen die beyden Flüssigkeiten einander gegenseitig, ohne daß die Eine oder die Andere wirklich zersezt würde, und man bemerkt, daß sie einen Theil ihres Feuers ausstossen, der freye fühlbare Wärme wird. Die Vermischung des Wassers mit lebendigem Kalk ist von der nemlichen Art; es geht, wie ich glaube, keine Zersetzung vor, aber eine ganz neue Anordnung in der Lage der aggregirten Theile gegen einander,

ander, und die beträchtliche Wärme, die bey dieser Mischung frey gemacht wird, könnte eben sowohl der Flüssigkeits-Wärme, die das Wasser verliert, da es in dem Kalk gewissermassen in den festen Zustand übergeht, zugeschrieben werden, als dem Feuer, das bey dem Vorgang der Verkalkung mit dem Kalk verbunden seyn, und sich wegen der stärkern Verwandtschaft des Wassers gegen den Kalk losmachen soll. Endlich gibt uns die Vermischung des Eises mit Salz, wo weder dieses noch jenes zersezt, und eine sehr beträchtliche Kälte erzeugt wird, ein Beyspiel verschluckter Wärme, denn die Mischung geht in den flüssigen Zustand über, und da sie in sich selbst nicht so viel vorräthiges Feuer hat, als ihr zu ihrem neuen Zustand nöthig ist, beraubt sie plözlich auch noch die benachbarten Körper ihres Vorraths. In allen diesen Fällen wirkt das Feuer nur als physisch, nicht als chymisch mit den Körpern verbunden: es zeigt sich die Wirkung der Verwandtschaft nur unter den aggregirten Theilen der Körper, und so lang das Feuer nicht auf alle und jede Grundtheile wirkt, findet auch keine Wirkung einer chymischen Verwandtschaft statt.

§. 26.

In dem andern Fall ist die Vermischung mit einer wirklichen Zersetzung begleitet, wie wenn man z. B. concentrirte mineralische Säuren unter Oele gießt. Da in diesem Fall die vermischten Substanzen

zen

zen beynahe gar nicht ausdünsten, so unterwirft sich nur eine sehr geringe Menge des frey gewordenen Feuers neuen Banden, und die aus der Vermischung enstandene empfindbare Wärme ist so beträchtlich, daß sie das Oel plözlich entzünden kann.

§. 27.

Das Verbrennen, diese allgemeine und reichliche Quelle der Wärme, ist nichts anders als eine chymische Zersetzung, bey der ein Theil der atmosphärischen Luft sein Feuer verliert, das als elastisches Fluidum mit ihm verbunden war. Das freygewordene Feuer breitet sich um den brennenden Körper herum aus, ein Theil verbindet sich aufs neue mit den durch die Verbrennung erzeugten luftförmigen oder festen Stoffen, und das übrige zerstreuet sich als Wärme.

§. 28.

Endlich möchte man fast glauben, daß das chymisch gebundene Feuer sich bisweilen durch eine gewisse mechanische Zersetzung der Körper aus ihnen frey mache.

Man kommt in Versuchung, einer solchen mechanischen Zersetzung diejenige Arten von Entwicklungen des Feuers, die durch starkes Schlagen oder heftiges Reiben hervorgebracht werden, zuzuschreiben. Auch ich war sehr geneigt, die durch den Schlag eines gewöhnlichen Feuerstahls freygemachte Wärme größtentheils aus der mechanischen Zersetzung der Luft umher zu erklären, und glaubte, daß die

beyden

beyden harten Oberflächen genau so zusammen stoſ-
ſen, daß die Luft zwiſchen ihnen mit Heftigkeit ge-
rieben und zerſezt werde. Ich gründete dieſe Ver-
muthung darauf, weil ich an den kleinen Stücken,
die ſich von einer im luftleeren Raum losgelaſſe-
nen Piſtolen-Batterie losmachten, und von mir
durch das Microſcop betrachtet wurden, niemals
die Kugel-Geſtalt entdecken konnte, welche die in
der Luft auf gleiche Art abgeſonderten Stücke an-
nehmen, ſondern ſie zeigten ſich mir immer blos
unter der Geſtalt metallener mit Regenbogenfarben
gemalter Bänder. Weiter unten wird man finden,
daß auf dieſen Gegenſtand hin beſonders angeſtellte
Verſuche mich von der Unrichtigkeit meiner Mey-
nung überzeugten; daher ordne ich das durch Rei-
ben oder Erſchütterung freygemachte Feuer in die
Claſſe der rein phyſiſchen Modifikationen dieſes
Elements, wie man unten im 9ten Kap. ſehen
wird.

Das Feuer aus dieſem Geſichtspunct betrach-
tet, wovon ich ſo eben einen kurzen Abriß gegeben
habe, kann man Elementar-Feuer oder gebun-
denes Feuer (combiné) nennen; man hat es oft
mit der verborgenen Wärme (chaleur latente)
verwechſelt.

§. 29.

Obgleich meine Verſuche nicht alle die vier Mo-
difikationen des Feuers, deren Unterſcheidungs-
Merkmale ich bisher beſtimmt habe, ſondern haupt-

ſächlich

sächlich nur die erstere, die Modifikation des freyen Feuers, zum Gegenstand haben, so beziehen sie sich auch in gewisser Rüksicht auf die andere; zudem glaubte ich, zu einer Zeit, wo die Ideen über diesen wichtigen Gegenstand noch wenig geordnet sind, keine undankbare Arbeit übernommen zu haben, wenn ich die hauptsächlichsten Erscheinungen der verschiedenen Modifikationen des Feuers in wenige Hauptclassen ordnete, und ihre Unterscheidungs-Merkmale auf die möglich deutlichste und kürzeste Art darstellte.

Zweytes Kapitel.

Analogie zwischen dem Feuer und dem Licht — Fortpflanzung des Feuers in einer horizontalen Ebene — Vermuthungs-Gründe, daß es sich in die Höhe zu ziehen bestrebe — Apparat, dieß durch Versuche auszumachen — Bestättigung dieser Vermuthung.

§. 30.

Das Feuer in seinem freyen Zustand hat einige Analogie mit dem Licht, unterscheidet sich aber auch in manchen Rüksichten von ihm. Zuweilen zeigen sie sich vereinigt, oft aber sieht man auch starkes Licht ohne Wärme, z. B. bey dem im Brennpunct eines Hohlspiegels gesammelten Mondsstrahlen, und ein andermal sehr starke Wärme ohne Licht. Es ist nicht zu läugnen, daß wann die Wärme ei-

nen gewissen Grad von Stärke erreicht, sie immer mit Licht begleitet ist: Man könnte aber auch sagen, dieses Licht rühre blos von der Zerstreuung desjenigen her, das bey der wirklichen Verbrennung erscheint, ohne die keine starke Wärme hervorgebracht werden kann, den Fall ausgenommen, wo die Brenngläser Wärme ohne Verbrennung erregen; aber dann verursachen sie zu gleicher Zeit auch sehr starkes Licht. Das wahrscheinlichste, das man bey dem jezigen Zustand unserer Kenntnisse annehmen kann, ist, daß das Feuer und das Licht einen beständigen Bezug auf einander haben; das Feuer kann ein Bestandtheil des Lichts, oder das Licht ein Bestandtheil des Feuers seyn, welches ein schon genannter berühmter Physiker *) behauptet: aber eine systematische Untersuchung dieses Gegenstands würde mich zu weit von meinem Zweck abführen.

§. 31.

Ist das Feuer durch die eine oder die andere der im vorhergehenden Kap. angeführten Ursachen entwickelt worden, so entfernt es sich von der Feuerstätte nach allen Seiten, und breitet sich aus. Dieß ist eine durch Erfahrung bestättigte Wahrheit, die sich gleich gut erklären läßt, man mag das Feuer als einen wirklichen materiellen Ausfluß aus der Feuerstätte oder nur als Schwingungen ansehen, die von da aus in der feurigen Flüssigkeit, die als elastisch und im Raum ausgebreitet angenommen

*) de Luc, Ideen über die Meteorologie.

nommen wird, nach Art der wellenförmigen Bewegung des Schalls erregt werden. Da aber die Vorstellung eines wirklichen stralenförmigen Ausflusses deutlicher und anschaulicher ist, so bediene ich mich dieses Ausdrucks gerner.

Es war natürlich zu vermuthen, daß die Stärke dieses Ausflusses nach eben dem Gesez, das bey allen aus dem Mittelpunct einer Kugel ausgehenden Ausflüssen statt findet, auf einer gegebenen Fläche im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Entfernungen abnehmen werde: doch wollte der berühmte Lambert diese Vermuthung durch Versuche zur Gewißheit bringen. Er stellte zu dem Ende in verschiedenen horizontalen Entfernungen von dem Mittelpunct brennender Kohlen mehrere Thermometer, und gebrauchte dabey alle Vorsicht, um dem Versuch die nöthige Genauigkeit zu geben; er beobachtete dann, daß die respektiven Thermometer-Stände den Quadraten ihrer Entfernungen vom Brennpunct umgekehrt proportional waren.

Man sieht wohl, daß dieses Gesez nur bey Entfernungen, die in einer horizontalen Ebene liegen, in der Luft statt finden kann, denn diese Flüssigkeit dehnt sich durch das Feuer aus, wird spezifisch leichter, steigt mit zunehmender Erwärmung verhältnißmäßig in die Höhe, und führt das Feuer, das die Ursache ihrer Ausdehnung ist, mit sich: folglich ändert diese Wirkung, die bey einerley horizontaler Entfernung die nemliche bleibt,

in dem Resultat der nach dieser Richtung angestell-ten Versuche nichts.

§. 32.

Aber fließt wohl dieser Feuerstrom wirklich nach allen Richtungen mit gleicher Leichtigkeit, und vorausgesezt, er bewege sich ohne Unterschied nach allen Richtungen einer horizontalen Ebene, sollte er wohl nicht bey dem Allem doch ein grösseres Bestreben nach oben als nach unten sich auszubreiten, äussern? Diese Frage schien mir in aller Rüksicht würdig, durch besondere Versuche aufgeklärt zu werden; um so mehr, da neue und pünktliche Versuche über das scheinbare Leichterwerden des flüssigen Wassers im Verhältniß des gefrornen auf die Vermuthung leiten konnten, daß das Feuer das Gegentheil von Schwere, nemlich ein Bestreben, sich von dem Mittelpunct der Erde zu entfernen, besize (tendance antigrave); daher bemühte ich mich, diesen Vermuthungen entweder ihre völlige Gewißheit zu verschaffen, oder ihre Unrichtigkeit darzuthun.

Um diesen Endzweck zu erreichen, mußte ich mit einem tauglichen Apparat im luftleeren Raum Untersuchungen anstellen; denn alle in der freyen Luft deshalb angestellten Versuche würden nichts beweisen, wie ich so eben gezeigt habe. Folgende Vorrichtung schien die nöthigen Bedingungen zu erfüllen, und ich bediente mich ihrer auch mit glücklichem Erfolg.

§. 33.

§. 33.

Der Apparat besteht in einer Röhre von weissem Glas, die 2 Zoll im Durchmesser und 44 Zoll in der Länge hat; in sie ist ein Cylinder von Kupfer von 4 Linien im Durchmesser und 33 Zoll Länge eingeschlossen, der in der Axe der Röhre durch zwey Sterne von Metall-Drath, die in gleichen Entfernungen vom Mittelpunct angebracht sind, befestiget ist. Die beyden Ende des Zylinders sind in Form einer Halbkugel ausgehölt, und fassen die Kugeln zweyer sehr empfindlicher Thermometer in sich; vermittelst eines vortreflichen Hahns kann man die Röhre mit einer Luftpumpe verbinden, die Luft herausziehen, und ihr den Zugang versperren, wenn man den Hahn zuschließt.

Die Röhre steckt mit ihren beyden Enden in einem grossen Viereck von Holz, und ist in einer Entfernung, die so groß als das Viereck dik ist, mit Pappendeckel umgeben, um die unmittelbare Wirkung der Sonnenstralen von der Röhre abzuhalten; nur in der Mitte ihrer Länge ist der Pappendeckel durchbrochen, und läßt einen freyen Raum von ungefehr 2 Zoll, daß der Strahlen-Kegel eines Brennglases, das 1 Fuß im Durchmesser und 19 Zoll Brennweite hat, und von dem berühmten Parker in London verfertiget ist, frey auf die Röhre wirken kann.

Dieser Einrichtung zufolge wird der Zylinder ererwärmt, wann der Brennpunct des Brennglases

 auf

auf seine Mitte auffällt; die Wärme wird sich in ihm der Länge nach fortpflanzen, und von dem Mittelpunct an nach und nach bis an seine beyden Ende sich verbreiten. Wenn nun das Feuer ein stärkeres Bestreben hat, sich nach oben als nach unten auszubreiten, so muß das obere Thermometer, alle übrigen Umstände gleich gesezt, sich schneller erwärmen, höher steigen und langsamer erkalten als das untere.

Vor dem Anfang des Versuchs seze ich den Apparat eine halbe Stunde lang ganz der Wirkung der Sonnenstralen auf den Pappendeckel sowohl als auf den kleinen entblößten Raum der Röhre aus, um das Resultat der besondern Wirkung, die ich untersuchen will, von der allgemeinen der Sonnenstralen frey zu machen.

Den Versuch stellte ich auf der weiten und hohen Sternwarte zu Genf an, wo keine zufällige Wärme die Resultate verändern konnte. Die zwey gelehrten Physiker, Herr Graf Andreani, der sich damals in Genf befand, und Hr. Senebier, deren Freundschaft ich zu geniessen das Glück habe, unterstüzten mich bey diesem Geschäft. Der Eine von uns stellte sich neben das obere Thermometer, der Andere neben das untere, und der Dritte mußte den Brennpunct der Glaslinse genau auf der Mitte des Zylinders erhalten; man bemerkte die Minuten und Secunden, in denen das Quecksilber auf jeden Grad der beyden Thermometer stieg.

§. 34.

Bey dem ersten Versuch, dessen Resultate die gleich unten stehende Tafel zeigt, war die Luft in der Röhre den Tag vorher so weit verdünnt worden, daß die Barometer-Probe der Luftpumpe nur noch 4 Linien hoch stand: in den folgenden Versuchen gab ich genau Acht, die Luft immer wieder auf den nemlichen Grad zu verdünnen; eine dermalige Unvollkommenheit meiner Luftpumpe verstattete nicht, die Verdünnung noch weiter zu treiben. Ehe ich den Versuch anstellte, untersuchte ich, ob keine Luft eingedrungen sey, fand aber die Verdünnung noch genau auf dem nemlichen Grad. Die Röhre stand senkrecht, mit dem Hahnen nach unten, und wir beobachteten, was die eigne Tabelle zeigt.

Die erste Reihe zeigt die Minuten und Secunden, in denen das Queckfilber im obern Thermometer auf die in der zweyten Reihe bemerkten Grade stieg; die dritte die Zeit, in der das untere Thermometer auf die nemlichen Grade stieg; die vierte endlich, um wie viel bälder oder später das untere Therm. die nemlichen Grade erreichte als das obere. Das Zeichen —, das in der Reihe der Unterschiede neben jeder Zahl steht, zeigt an, daß das untere Therm. langsamer, und das Zeichen +, daß es bälder als das obere die nemlichen Grade der Wärme erreichte.

Tafel des ersten Versuchs.

Oberes Therm.			Grade.	Unteres Therm.			Unterschied.	
3 St.	16′	0″	8°	3 St.	16′	0″	—	0″
	22	0	11		22	30	—	30
	23	10	12		23	20	—	10
	23	55	13		24	0	—	5
	24	45	14		24	45	—	0
	25	20	15		25	30	—	10
	25	55	16		26	10	—	15
	26	25	17		26	48	—	23
	27	2	18		27	30	—	28
	27	40	19		28	10	—	30
	28	15	20		29	10	—	55
	28	58	21		29	55	—	57
	29	52	22		31	20	—	88
	30	55	23		32	55	—	120
	32	2	24		34	25	—	143
	33	17	25		35	40	—	143
	34	45	26		36	50	—	125
	35	50	27		38	0	—	130
	37	5	28		39	15	—	130
	38	25	29		40	35	—	130
	39	10	30		41	36	—	146
	40	30	31		43	10	—	160
	41	35	32		45	2	—	207
	42	55	33		45	55	—	180
	44	15	34		48	55	—	280
	46	13	35		50	50	—	277
	48	10	36		54	45	—	395
	49	26	37					
	51	30	38					
	54	45	39					
Mittlerer Unterschied mit Ausschluß des lezten							—	101″

§. 35.

§. 35.

Man sieht bey dem Anblik dieser Tafel, daß das obere Thermometer mit schnelleren Schritten als das untere sich erhob, und daß innerhalb einerley Zeit, nemlich in 38′, 45″, da der Versuch dauerte, jenes um 31°, und dieses nur um 28° stieg, obgleich eine und eben dieselbe Ursache in gleichen Entfernungen auf die beyden Thermometer wirkte.

Betrachtet man die Reihe der Unterschiede, so findet man, daß sie zwar stuffenweise aber nicht regelmäßig wachsen. Diese Unregelmäßigkeit schreibe ich zum Theil der unvollkommenen Abtheilung der Instrumente, zum Theil den Schwierigkeiten zu, die immer mit solchen Beobachtungen verbunden sind; übrigens will ich damit nicht behaupten, daß nicht auch andere Ursachen vorwalten könnten. Wie es nun auch sey, so zeigt sich, wenn man den lezten Unterschied als nothwenig unrichtig wegen des am Ende erfolgenden langsamern Ganges ausschließt, daß der mittlere Unterschied, um den das untere Therm. langsamer als das obere die nemlichen Grade erreichte, 101″ betragen. Ein ziemlich beträchtlicher Unterschied, der meine anfängliche Schäzung weit übertrift; wir werden aber sogleich sehen, daß er nicht ganz auf Rechnung der Wirkung, von der ich mich zu überzeugen suchte, zu schreiben war.

§. 36.

In dem Augenblick, als die lezte Beobachtung der voranstehenden Tafel angestellt war, entfernte

ich die Wirkung des Brennglases, und betrachtete folgenden merkwürdigen Gang der Therm. bey ihrer allmählichen Erkaltung.

Gang der Therm. bey ihrer Erkaltung.			
Oberes Therm.	Grade.	Unteres Therm.	Grade.
St. M. Sec.		St. M. Sec.	
3. 54. 45.	39.	3. 54. 45.	36, 0.
3. 59. 45.	39, 8.	59. 45.	36, 6.
4. 2. 20.	39, 0.	4. 2. 15.	36, 0.
— 3. 0.	38, 0.	3. 15.	35, 0.
4. 20.	37, 0.	4. 30.	34, 0.

Diesem Versuch nach fuhren beyde Thermometer noch fort zu steigen, obgleich die erwärmende Ursache nicht mehr auf den Zylinder wirkte, und sie von der Temperatur, die sie in diesem Zeitpunct hatten, ohngefehr 1 Grad in 50 Sec. blos durch die Erkaltung hätten verliehren sollen. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Feuer-Masse, die in dem metallenen Zylinder angehäuft war, und nach einem gewissen Gesez ihn an den entgegengesezten Enden zu verlassen sich bestrebte, in grösserer Menge auf die beyden Therm. zufloß, als durch die Erkaltung ausströmte. Wir sehen, daß sich nach der Entfernung des Brennglases das obere Therm. noch um um 0, 8. und das untere um 0, 6. erhob; ähnliche Beobachtungen und Resultate werden wir sogleich wieder bemerken.

§. 37.

Mein erster Versuch leistete nur soviel, daß ich ein natürliches Bestreben des Feuers in die Höhe zu ziehen vermuthen konnte; um dieß aber zur Gewißheit zu bringen, mußte ich den Versuch mit der Veränderung wiederholen, daß die Röhre in eine der vorigen ganz entgegengesezte Lage gestellt wurde, so, daß das Therm. das im ersten Versuch das obere war, im zweyten das untere wurde. Man sieht wohl, daß die Thermometer die Vortheile, die etwa das eine vor dem andern in Absicht einer genaueren Berührung der Kugel und des metallenen Zylinders, oder einer grössern Empfindlichkeit in dem einen Fall voraushaben konnte, auch bey der veränderten Stellung beybehielten; hingegen blieben dem obern immer seine Vortheile, wenn es wirklich welche vor dem untern voraushaben sollte, und eben diesen ihren Einfluß suchte ich zu bestimmen.

Der Versuch wurde also den folgenden Tag zur nemlichen Stunde und mit der nemlichen Vorsicht wiederholt, nur mit dem Beysaz zweyer anderer Thermometer, die ich ausserhalb der Glasröhre an ihre beyden Ende stellte, um zu sehen, ob der äussere Unterschied der untern und obern Temperatur beträchtlich sey. Die Verdünnung der Luft war die nemliche, wie den Tag vorher, und überhaupt hielt der Hahn sehr genau Luft.

Tafel des zweyten Versuchs.

Therm. außen u. unten	oberes Therm.	Grade.	unteres Therm.	Untersch.	Therm. außen u. oben.
	St. M. Sec.		St. M. Sec.	Sec.	
7, 5.	3. 16. 20.	7, 5.	3. 16. 20.	0.	7, 0.
	20. 25.	8.	20. 25.	0.	
	23. 2.	10.	23. 0.	+ 2.	
	24. 5.	11.	23. 50.	+ 15.	
	24. 48.	12.	24. 45.	+ 3.	
	25. 45.	13.	25. 30.	+ 15.	
	26. 35.	14.			
	27. 35.	15.	27. 10.	+ 25.	
	28. 40.	16.	28. 15.	+ 25.	
	29. 55.	17.	29. 10.	+ 45.	
8, 0.	30. 50.	18.	30. 15.	+ 35.	7, 1.
	31. 45.	19.	31. 10.	+ 35.	
	32. 45.	20.	32. 0.	+ 45.	
	33. 45.	21.	32. 50.	+ 55.	
	35. 20.	22.	34. 15.	+ 65.	
	36. 47.	23.	35. 40.	+ 67.	
8, 5.	38. 24.	24.	37. 10.	+ 74.	7, 6.
	39. 48.	25.	38. 15.	+ 93.	
	41. 15.	26.	39. 55.	+ 80.	
	42. 17.	27.	41. 0.	+ 77.	
	44. 35.	28.	43. 20.	+ 75.	
	46. 50.	29.	45. 45.	+ 65.	
Mittlerer Unterschied		=	= =	+ 47.	

§. 38.

Man sieht bey dem Anblick der Reihen, welche die Unterschiede zwischen beyden Therm. anzeigt, daß sie bey diesem Versuch den vorher beobachteten ent=

entgegengesezt sind, das heißt, daß das untere Therm. früher als das obere die nemlichen Grade erreichte; hingegen ist die absolute Grösse des Unterschieds um ein beträchtliches geringer, indem der mittlere nur 47″ beträgt, innerhalb deren das untere Therm. bälder als das obere den nemlichen Grad der Wärme zeigte, da doch in dem ersten Versuch der mittlere Unterschied bis auf 101″ gestiegen war. Wenn wir nun die kleinere Zahl von der grössern abziehen, so werden wir hiemit den eigenthümlichen Einfluß der Thermometer selbst vernichten, und der Rest von 54″ wird das Resultat ihres respectiven Stands zeigen, und dieß mag die mittlere Grösse seyn, um welche, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, das obere Therm. schneller als das untere den nemlichen Grad der Wärme erreicht.

Man wird wahrnehmen, daß die äussern Thermometer um keine beträchtliche Grösse von einander abweichen, wenn gleich das eine oben das andere unten in der Röhre war; da die Sonne bey dem zweyten Versuch schwächer schiene als bey dem ersten, so konnte das innere Thermometer nicht höher als auf 30° steigen.

§. 39.

Diese Versuche mußten wiederholt werden, zuvor aber wollte ich durch eine besondere Vorrichtung wo möglich die Wirkung zu vermindern suchen, die durch eine genauere oder unvollkommenere Berührung der beyden Thermometer-Kugeln mit

mit dem Innern der an beyden Enden des Zylinders sich befindlichen Vertiefungen entstehen konnte. Zu dieser Absicht umwickelte ich die beyden Enden des Zylinders, folglich auch die Kugel jedes Therm. mit einem doppelten Streiffen von geöltem Papier, doch ohne daß dieser das Therm. selbst berührte. Diese Einrichtung diente vermöge der langsamen Leitungskraft des geölten Papiers, einen Theil der Wärme um die Kugel herum aufzuhalten, und längst des Zylinders gegen sie hinzuleiten; wodurch ich die Ungleichheit, die aus einer unvollkommenern Berührung entstehen konnte, zu vermindern hoffte.

Bey dieser Gelegenheit brachte ich zwey neue Therm. in die Röhre, deren Kugeln auf beyden Seiten den Enden des Zylinders gegen über standen, und um ungefehr einen Zoll von denselben entfernt waren. Diese beobachtete man im Verfolg des Versuchs von Zeit zu Zeit, wovon die folgende Tafel die Resultate enthält. Die Verdünnung der Luft wurde abermals auf den nemlichen Grad gebracht, wie bey den vorhergehenden Versuchen, und das Verfahren war in jeder Rücksicht das nemliche; die Röhre hatte eben die Stellung, wie bey dem ersten Versuch, nemlich der Hahn war unten.

Tafel des dritten Versuchs.

Isolirtes ob. Ther.	oberes Therm.	Grade.	unteres Therm.	Untersch.	Isolirtes unt. Therm.
	St. M. Sec.		St. M. Sec.	Sec.	
		8.	3. 15. 0.	0.	8, 0.
		8.+	3. 15. 45.	0.	das untere Th. fangt an zu steig.
	3. 18. 0.	9.	3. 18. 0.	0.	
	3. 20. 20.	10.	20. 20.	0.	
	21. 5.	11.	21. 25.	— 20.	8, 1.
	22. 25.	12.	22. 38.	— 13.	
	23. 20.	13.	23. 35.	— 15.	
10,8.	24. 38.	14, 2.	24. 45.	— 7.	8, 8.
	25. 35.	15.	25. 48.	— 13.	
	26. 5.	16.	26. 45.	— 40.	
	27. 12.	17.	27. 53.	— 41.	
	28. 16.	18.	28. 58.	— 42.	
	29. 13.	19.	29. 50.	— 37.	
11,1.	30. 10.	20.	31. 0.	— 50.	9, 4.
	31. 0.	21.	32. 12.	— 62.	
	32. 16.	22.	33. 25.	— 69.	
	33. 10.	23.	34. 40.	— 90.	
	34. 32.	24.	35. 48.	— 76.	10,1.
	35. 43.	25.	37. 2.	— 99.	
12,3.	36. 40.	26.	38. 25.	—105.	
	37. 50.	27.	39. 55.	—125.	
	39. 10.	28.	42. 55.	—225.	10,8.
	40. 35.	29.	46. 5.	—330.	
	45. 0.	30.	48. 45.	—225.	
	47. 15.	31.	50. 45.	—215.	
13,7.	49. 30.	32.	53. 20.	—240.	12.
	52. 0.	33.	4. 1. 45.	—585.	12,2.
	55. 32.	34.			
	4. 2. 2.	35.			
	2. 40.	Das Brennglas wird weg gethan.			
	4. 6. 15.		4. 5. 40.	die Therm. fangen an zu fall.	

Mittlerer Unterschied mit Ausschuß des lezten — 93″

§. 40.

Dieser Versuch, bey dem die nemlichen Umstände, wie beym ersten, statt fanden, zeigt auch ganz ähnliche Resultate; der mittlere Unterschied von 23 Beobachtungen, mit Ausschluß der lezten, die der äussersten Grenze allzunahe ist, gibt uns 93″ für die Grösse, um die das untere Therm. langsamer als das obere den nemlichen Grad der Wärme erhielt. Man sieht auch, daß sich dieses während einerley Zeit auf 35° erhob, da das andere auf 33° kam.

Eben diese Bewandtniß hat es mit dem Unterschied der Temperaturen, die durch die von dem Zylinder abgesondert gestellten Thermometern angezeigt werden; das obere war zu gleichen Zeiten immer höher als das untere.

Merkwürdig ist, daß, da beyde ziemlich nahe an dem Ende des metallenen Zylinders angebracht waren, sie doch an seiner Temperatur so wenig Antheil nahmen, daß am Ende des Versuchs ein Unterschied von etwa 21° statt fand. Es scheint, als wenn sich die Wärme im luftleeren Raum der Röhre nur sehr schwer ausbreitete.

§. 41.

Man beobachtete bey diesem Versuch mit vorzüglicher Aufmerksamkeit die Zeit, die von der Entfernung der Linse an bis zu dem Augenblick, da beyde Therm. wieder merklich zu fallen anfiengen, verfloß, und diese Zwischenzeit betrug, wie man sieht,

sicht, bey dem obern Therm. 3 Min. und bey dem untern 3 Min. 35 Sec.: der Unterschied ist ganz so, daß er zur Bestättigung der übrigen Resultate dient.

Man bemühte sich auch beym Anfang des Versuchs, den Zeitraum zu beobachten, der zwischen dem Augenblick, da der Brennpunct auf die Mitte des Zylinders gerichtet wurde, bis zum ersten Kennzeichen der Bewegung in dem untern Therm. verfloß; er schien 1′ 45″ zu betragen.

§. 42.

Nun mußte man den Versuch noch zum viertenmal wiederholen, mit der Veränderung, daß der Röhre so wie im zweyten eine umgekehrte Stellung gegeben wurde, nemlich, daß der Hahn nach oben gestellt war. Man gieng mit der nemlichen Vorsicht zu Werke, und beobachtete die nemlichen Umstände wie in den vorigen Versuchen; die Resultate waren folgende:

Tafel des vierten Versuchs.

Isolirtes ob. Ther.	oberes Therm.	Grade.	unteres Therm.	Untersch.	Isolirtes unt. Therm.
	St. M. Sec.		St. M. Sec.	Sec.	
8,0.	3. 8. 0.	6,3.	3. 8. 0.		
	12. 35.	7.	12. 35.	+ 0.	
	14. 10.	8.	13. 58.	+ 12.	7,2.
8,0.	15. 0.	9.	14. 50.	+ 10.	
		10.			
	16. 35.	11.	16. 20.	+ 15.	
	17. 20.	12.	16. 55.	+ 25.	
	18. 5.	13.			
8,5.	18. 45.	14.	18. 14.	+ 31.	
		15.	18. 53.		
		16.	19. 30.		
	20. 45.	17.	20. 10.	+ 35.	
	21. 25.	18.	20. 45.	+ 40.	
	22. 2.	19.	21. 25.	+ 37.	
		20.	22. 2.		8,5.
	23. 30.	21.			
	24. 18.	22.	23. 35.	+ 43.	
	24. 58.	23.	24. 25.	+ 33.	
	25. 43.	24.	25. 13.	+ 30.	
10,2.	26. 40.	25.	25. 58.	+ 42.	
	27. 50.	26.	26. 52.	+ 58.	
	29. 0.	27.	28. 0.	+ 60.	
	31. 0.	28.	29. 52.	+ 68.	
	32. 55.	29.	31. 40.	+ 75.	
	34. 30.	30.	33. 37.	+ 53.	
12,0.	36. 30.	31.	35. 47.	+ 43.	
	38. 10.	32.	37. 30.	+ 40.	
	40. 0.	33.	39. 28.	+ 32.	
	41. 40.	34.	41. 15.	+ 25.	
	43. 55.	35.	42. 38.	+ 77.	12,1.
	49. 30.	36.	44. 15.	+295.	
		37.	47. 0.		
	49. 30.	Das Brennglas wird weg gethan.			

Mittel unter 22 Beobachtungen von 8° bis 35°
mit Ausschluß des lezten = = = + 40″

§. 43.

Man sieht, daß der dießmalige Gang der Therm. dem beym zweyten Versuch ganz ähnlich ist. Das Mittel von 22 Beobachtungen von 8° bis 35°, mit Ausschluß der lezten, als zu nahe am Ende, ist + 40" Sec. um die das untere Therm. bälder als das obere den nemlichen Grad der Wärme angab; ziehen wir nun die + 40" von den beym dritten Versuch — 93" ab, so bleiben 53" für die mittlere Grösse übrig, um die das obere Therm. bälder als das untere den nemlichen Grad gezeigt haben würde, wenn kein anderer Unterschied als der in Bezug auf ihre Stellung statt gefunden hätte: so groß ist also die unmittelbare Wirkung des natürlichen Bestrebens des Feuers in die Höhe zu ziehen. Es ist zum verwundern, und unmöglich kann es etwas mehr als ein blosser Zufall seyn, daß diese Zahl, die aus der Vergleichung der mittlern Unterschiede der zwey leztern Versuche geschlossen wurde, nur um 1 Sec. von der abweicht, die durch die Vergleichung der beyden ersten gefunden wurde. Die isolirte Therm. bestättigen gleichfalls die bisherigen Resultate; das obere stand zu gleichen Zeiten immer höher als das untere, und sie befolgten noch überdieß bey diesem Versuch einen Gang, der mit dem in dem vorigen Versuch ziemlich gleichförmig ist.

§. 44.

Endlich scheinen auch die Beobachtungen des Gangs der Therm. bey ihrer Erkaltung, die bey

diesem Versuch mit mehr Sorgfalt angestellt und weiter fortgesezt wurden, als in den drey vorhergehenden, ein Bestreben der Feuer = Materie in die Höhe zu ziehen, anzuzeigen. Aus der folgenden Tafel wird man darüber urtheilen können.

Gang der Therm. bey ihrer Erkaltung.

Isol. oberes Ther.	Oberes Ther.	Grade.	Unteres Th.	Grade.	Isol. unter. Ther.
	St.M.Sec.		St.M.Sec.		
	3. 50. 30.	36, 2.	3. 50. 30.	37, 0.	
13, 7.	51. 50.	36, 2.	55. 38.	36.	
	54. 40.	36, 0.	57. 30.	35.	
	56. 47.	35.	58. 30.	34.	
13, 5.	57. 58.	34.	59. 35.	33.	
	59. 16.	33.	4. 0. 35.	32.	
	4. 0. 35.	32.	1. 46.	31.	
	1. 46.	31.	2. 55.	30.	
13, 0.	2. 55.	30.	4. 15.	29.	11, 6.
	4. 5.	29.	5. 23.	28.	
	5. 20.	28.	6. 32.	27.	
	6. 42.	27.	7. 32.	26.	
12, 4.	8. 0.	26.	9. 2.	25.	11, 1.
	9. 28.	25.	10. 20.	24.	
	10. 55.	24.	12. 20.	23.	
	12. 20.	23.	14. 10.	22.	
	14. 10.	22.			

§. 45.

Bey der Betrachtung dieser Tafel kann man folgendes bemerken:

Das obere Therm. stieg um 0°,2. während der

erſten

ersten Minute, nachdem die erwärmende Ursache entfernt war.

Das nemliche Therm. blieb 80 Sec. lang auf dieser Stelle unverrückt, ungeachtet der Erkaltung, die es nothwendiger Weise schon litte, die aber ohne Zweifel durch die immer noch zufliessende Wärme ersezt wurde.

Endlich nach Verfluß von 5 Min. war es von dem Punct seines Rükgangs an nur um 0°, 2. gefallen.

Das untere Therm. hingegen war im Augenblick der Entfernung des Brennglases auf 37°, 1.

Dieß stieg nicht mehr, und nach Verfluß 1 Min. war es schon um 0°, 1. gefallen.

In 6 Min. 8 Sec. fiel es um 1°, 1. und das andere würde in der nemlichen Zeit kaum um 0°, 3 gefallen seyn, wenn man aus seinem übrigen Gang auf diese Zeit schliessen wollte.

Endlich in 22 Min. 50 Sec. nemlich von dem Augenblick an zu rechnen, da um der Erkaltung willen beyde zurückzugehen anfiengen, fiel das untere Therm. um 14°, 1. und das obere um 13°, 2. obgleich dieses, als höher und von dem Punct des Gleichgewichts entfernter, schneller als das andere hätte erkalten sollen.

§. 46.

Alle diese wohl mit einander übereinstimmende Thatsachen scheinen zu dem Schluß zu berechtigen,

daß das Feuer wirklich ein grösseres Bestreben habe, von unten nach oben, als in der umgekehrten Richtung, die allen andern schweren Substanzen wesentlich ist, sich auszubreiten; oder daß es leichter sey als ein anderes ätherisches Fluidum, indem es schwimmt; oder endlich, daß es seiner Natur nach absolut leicht sey; denn ich kann doch nicht annehmen, daß man durch die Unvollkommenheit der Leere in meinem Apparat (ich bemerkte oben, daß nur 4 Linien oder $\frac{1}{18}$ des Ganzen zur Vollkommenheit fehlten) so grosse Unterschiede erklären könne. Um mich davon zu überzeugen, hätte ich diese Versuche mit einer mit Luft angefüllten Röhre wiederholen, und den Einfluß bestimmen sollen, den die Gegenwart dieser Flüssigkeit wirke; allein die Jahrszeit, die schon zu weit vorgerückt und zu rauh war, gestattete es nicht. Ich werde sie aber gewiß wiederholen, und ruffe hiemit die Physiker auf, zur Bestätigung der Wahrheit dieser wichtigen Erscheinung, die den Schlüssel zu vielen Phänomenen geben würde, beyzutragen.

§. 47.

Nach diesen Untersuchungen fand ich, daß die Academie del Cimento das nemliche unternommen hatte, und zwar mit einem Apparat, der dem Meinigen in etwas ähnlich ist. Sie stellten 2 Thermometer zimlich nahe zu einander in eine Glasröhre, und machten in ihr eine torricellische Leere, vermittelst des Queckfilbers. Diese Röhre erwärmten

sie

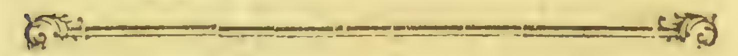
sie von aussen mit zwey rothglühenden Kugeln, die dem untern Thermometer ein wenig näher (wie sie sagen) als dem obern waren, um dadurch die Wirkung der erwärmten Luft, die von aussen längst der Röhre sich hinaufziehen, und ihr oben mehr Wärme als unten mittheilen mußte, zu vermindern. Sie versichern, daß nach mehrmaliger Wiederholung des Versuchs das obere Thermometer immer mehr Wärme als das untere erhalten zu haben schien; und fügen noch bey, daß bey der Wiederholung des Versuchs mit einer luftvollen Röhre sich beynahe die nemliche Wirkung, wie bey der luftleeren Röhre, ergeben habe. *)

Man sieht wohl, daß ihre Verfahrungsart sehr unvollkommen war; doch beobachteten sie gerade das, was ich vorhatte, indem sie den Versuch sowohl mit einer luftvollen als luftleeren Röhre anstellten. Der geringe Unterschied, der sich in diesen beyden Fällen zeigte, beweißt hinlänglich, daß die geringe Menge Luft, die bey meinen Versuchen vorhanden war, unmöglich zur Erklärung der erfolgten Erscheinungen zureichen kann, ohne ein natürliches Bestreben des Feuers, nach oben sich auszubreiten, anzunehmen.

Während dieser Versuche bemerkte ich, daß ohngeachtet der starken Wärme, die der kupferne Zylinder an der Stelle, wo der Brennpunct der Glaslinse

*) Verum tamen est, differentiam esse admodum exiguam posito tubo aëris pleno vel vacuo: Tentamina Exp. nat. pag. 73. in 4to.

linse hinfiel, außstehen mußte, man doch nach der Erkaltung die Farben auf der Oberfläche des Kupfers nicht bemerkte, die man sonst bey diesem, so wie auch bey andern Metallen zu bemerken pflegt, wann sie in der Luft einem solchen Grad von Wärme, als der kupferne Zylinder bey diesen Versuchen, ausgesezt sind. Ohne Zweifel entstehen diese Farben durch die Vereinigung des Metalls mit der umgebenden Luft, und diese findet dann nicht statt, wann durch die Verdünnung der Luft ihre Wirkung unterdrückt wird. Es verlohnte sich immer der Mühe, die Versuche nach diesem Gesichtspunct zu verändern, und verschiedene Metalle der Wirkung eines Brennglases in verschiedenen luftförmigen Flüssigkeiten auszusezen.



Drittes Kapitel.

Verschiedene Versuche über die Wärme — Beschreibung des dazu gebrauchten Apparats — Wirkung der Farbe und der Beschaffenheit der Oberfläche in Bezug auf die Zurükwerfung der Wärme — Versuch über die Brechung der Wärme — Ihre Geschwindigkeit — Scheinbare Zurükwerfung der Kälte.

§. 48.

Indem sich das Feuer nach den Gesezen und Modificationen, die wir bisher angezeigt haben, fortpflanzt, durchwandelt es anfänglich die Luft, und vereinigt sich zum Theil mit ihr. Begegnet es

festen

festen Körpern, so dringt ein Theil des Feuers in diese ein, und leidet die obengemeldte Modificationen; ein anderer Theil aber wird durch die Oberfläche dieser festen Körper zurückgeworfen; und dieser soll uns dießmal beschäftigen.

Lambert hat schon angemerkt, daß die Wärme ohne Licht, oder, wie er sie nannte, die dunkle Wärme, der Zurükwerfung fähig sey. Meinem berühmten Freund, Hrn. de Saussüre, verdanke ich neben so manchem Andern auch den ersten Gedanken zu den Versuchen, die ich über diesen Gegenstand angestellt habe, und die mich noch zu manchen andern veranlaßten, die dieser Versuch enthält. Ich wiederhole hier etwas umständlicher, was dieser Gelehrte in seiner Reise durch die Alpen im 4ten Band §. 926. gesagt hat.

§. 49.

In einen ziemlich grossen Saal stellten wir zwey Hohlspiegel von Zinn, die einen Theil meines physikalischen Apparats ausmachen, so daß einer dem andern gegen über in einer Entfernung von 12 Fuß 2 Zoll stand; sie haben 1 Fuß im Durchmesser, ihre Krümmung ist ein Theil einer Kugel von 9 Zoll im Halbmesser, und ihre Politur ist nur mittelmäßig.

Im Brennpunct des einen dieser Hohlspiegel war ein Quecksilber-Thermometer mit einer freyen Kugel, und in den Brennpunct des andern legten wir eine eiserne Kugel von ungefehr 2 Zoll im Durchm.

deren Erhitzung vom Glühpunct nur so weit entfernt war, daß sie nicht wirklich leuchtete oder im Dunkeln sichtbar war. Die Gegenwart dieser Kugel trieb in 6 Min. das in dem andern Brennpunct angebrachte Therm. von 4° bis auf $14^{\circ}\frac{1}{2}$ wo es stille stand, und in eben dem Verhältniß fiel, als die Kugel erkaltete.

§. 50.

Betrachten wir einen Augenblick den Vortheil dieser Vorrichtung, die Wirkung in einer gegebenen Entfernung zu verstärken; so finden wir, daß die Ursache davon in der Stellung der Spiegel einander gegenüber, und in den sich darauf beziehenden bekannten Gesetzen der Katoptrick beruhe. Diese brachten es mit sich, daß der zurükwerfbare Ausfluß, der aus dem Brennpunct des einen der Brennspiegel sich auf seine Oberfläche ergoß, von da aus unter der Form eines mit der Axe des Spiegels parallelen Stralen-Büschels auf die Oberfläche des andern Spiegels zum Theil zurükgeworfen, und in dessen seinem Brennpunct durch eine zweyte Zurükwerfung zu einer Dichte vereiniget wurde, die ohne diesen Kunstgriff niemals hätte erreicht werden können.

Ueber die Wirkung dieser Vorrichtung stellte ich folgende Berechnung an. Nach der Entfernung des Brennpuncts von der Oberfläche des Spiegels und nach dem Umfang dieser Oberfläche empfieng sie $\frac{318}{1000}$, das heißt beynahe $\frac{1}{3}$ von dem erwärmenden

Aus=

Ausfluß, der sich aus ihrem Brennpunct ergoß; diese Menge warf sie sicher nicht ganz auf die Oberfläche des andern Spiegels zurück, und bey der zweyten Zurükwerfung, wodurch der Ausfluß verdichtet auf das Thermom. geleitet wurde, verlohr sich ohne Zweifel wieder etwas davon; nehme ich nun an, daß bey dieser gedoppelten Zurükwerfung von dem obigen Drittel die Hälfte, oder, wenn man will, $\frac{3}{4}$ verlohren giengen, so blieb noch $\frac{1}{12}$ von dem Ausfluß übrig, der durch jene Vorrichtung auf die gegebene Entfernung hingeleitet wurde. Wenn man hingegen diese Einrichtung nicht getroffen, und das Thermometer in der nemlichen Entfernung von der Quelle des erwärmenden Ausflusses so gestellt hätte, daß dieser es blos in gerader Linie getroffen hätte, so würde es nicht mehr als einen Theil bekommen haben, der sich zum ganzen Ausfluß verhielte, wie die Oberfläche des Durchschnitts der Therm. Kugel zur Oberfläche einer Kugel, die die Entfernung des Therm. vom Mittelpunct der Wärmequelle zum Halbmesser hätte; setzen wir nun, wie bey unserem Versuch, die Entfernung des warmen Körpers vom Thermom. auf 11 Fuß 5 Zoll, und den Durchmesser der Thermometer-Kugel auf 3 Linien, so werden wir finden, daß die Oberfläche des Durchschnitts der Therm. Kugel nur $\frac{1}{4854027}$ der ganzen Oberfläche der Kugel, deren Halbmesser 11 Fuß 5 Zoll ist, beträgt, und daß folglich das Therm. bey einer solchen Stellung und Entfernung von dem erwärmenden

den Ausfluß nur so viel bekommt, als dieser Bruch ausdrückt.

§. 51.

Statt der eisernen Kugel sezte ich nun in den Brennpunct des ersten Hohlspiegels ein angezündetes Wachslicht, und das Thermometer in den Brennpunct des andern, stieg bey dem einen Versuch auf 4°, 6 auf 14° und bey dem andern Versuch von 4°, 2 auf 14°, 3. Dieser Wirkung des brennenden Wachslichts scheint der oben angeführten Wirkung der eisernen Kugel sowohl in Absicht auf die Zeit als den Grad der Erwärmung ziemlich gleich zu seyn.

§. 52.

Aber bey der Wirkung der Kugel war blos Wärme ohne Licht, und bey der des Wachslichts Wärme mit Licht vereiniget. Ich stellte mir vor, diese beyden Ursachen liessen sich bis auf einen gewissen Grad von einander trennen, wenn ich einen wohl durchsichtigen gläsernen Würfel mitten zwischen die beyden Brennspiegel stellte; das Glas, dachte ich, müßte als durchsichtig das Licht leicht durchgehen lassen, und die Wärme, als ein für sie nur schwer zu durchdringender Körper, stark abhalten. Der Erfolg entsprach ganz meiner Absicht. Das brennende Wachslicht in dem einen Brennpunct hatte das Therm. in dem andern von 2° bis auf 12° getrieben, wo es stille zu stehen schien, und da ich jezt den Glaswürfel dazwischen stellte, fiel es innerhalb

nerhalb 9 Min. um 5°,7, das heißt um mehr als die Hälfte der Höhe, die es ohne das dazwischen gelegte Glas erreicht hatte; ich nahm dann den Würfel wieder weg, und das Therm. stieg wieder in 7 Min. bis auf 11°,1.

Gleichwohl schien das durch die Brennspiegel auf das Thermom. zurükgeworfene Licht durch das dazwischen gelegte Glas nicht beträchtlich geschwächt worden zu seyn. Es drang gleichsam wie durch ein Sieb durch, und trennte sich von der Wärme, die größtentheils hinter dem Würfel zurükblieb.

§. 53.

Nun hatte ich noch einen Zweifel über den Versuch mit der eisernen Kugel; ich befürchtete, sie möchte, so dunkel sie auch geschienen hatte, doch für feinere und der Wirkung des Lichts empfänglichere Organe noch leuchtend gewesen seyn. Diesen Zweifel glaubte ich am sichersten zu heben, wenn ich einen warmen gar nicht leuchtenden Körper zum Versuch wählte. Ich nahm daher statt der Kugel eine gläserne Phiole von ungefähr gleichem Durchmesser, die 2 Unzen 3 Drachmen siedendes Wasser enthielt, und stellte sie auf einem Gestell von Eisen-Drath in den Brennpunct des einen Hohlspiegels.

Die Brennspiegel waren dießmal 10 Fuß 6 Zoll von einander entfernt, und zwischen beyde ein dichter Lichtschirm von doppeltem Seidenzeug gestellt. Im Brennpunct des einen war ein kleines Queck-

silber-Thermometer, das von Ramsden in London verfertiget, und nach Fahrenheit abgetheilt war, und im andern Brennpunct das Glas mit siedendem Wasser. Man entfernte den Lichtschirm, und in 2 Min. stieg das Therm. von 47° bis auf 50° $\frac{1}{8}$ der Fahrenheitischen Abtheilung, und in dem Augenblick, als man das Glas wegnahm, fiel es wieder.

§. 54.

Nachdem ich nun noch fester überzeugt war, daß reine Wärme zurükgeworfen werden könne, wollte ich sehen, ob sie auch die Eigenschaft, durch schwarze Körper verschluckt zu werden, mit dem Licht gemein habe. Ich schwärzte zu dem Ende die Kugel des nemlichen Therm. und wiederholte den Versuch mit allen vorigen Umständen. Das Thermometer schien wirklich schneller bewegt zu werden, als da seine Kugel rein und glänzend war, und die Wirkung der zurükgeworfenen Wärme war auch beträchtlicher, denn das Therm. stieg von 51° $\frac{1}{8}$ auf 55° $\frac{1}{4}$. Die nemlichen Versuche wiederholte ich mit einem andern von diesem verschiedenen Apparat, wie ich sogleich melden werde.

§. 55.

Die mit siedendem Wasser gefüllte Phiole war zu diesen Versuchen deshalb tauglicher als die andern warmen Körper, weil sie immer eine gleich grosse absolute Menge von Wärme abgab; hingegen war diese Menge gar unbeträchtlich, und ich sahe ein, daß, wenn ich sie mit gutem Erfolg gebrau-

brauchen wollte, ich ihre zu geringe Wirkungskraft durch den Gebrauch eines empfindlicheren Thermometers ersetzen müsse.

Nun weißt man, daß die Luft-Thermometer diese Eigenschaft in weit höherem Grade als die andern besitzen; ich war aber gegen diese Instrumente wegen ihrer barometrischen Wirkung eingenommen. Doch da es hier nur um Unterschiede und Vergleichung solcher Beobachtungen, die in sehr kurzen Zeiträumen angestellt wurden, zu thun war, glaubte ich, sie mit Vortheil gebrauchen zu können; und in der That entsprachen sie auch ganz meinen Hoffnungen.

§. 56.

Um sie zu verfertigen, blase ich an das Ende einer 8 bis 10 Zoll langen Röhre von etwas grössern Kaliber, als die gewöhnlichen Thermometer zu haben pflegen, eine Kugel von 3 bis 4 Lin. im Durchmesser so dünn als möglich. Die Kugel und die Röhre müssen innwendig ganz rein und trocken seyn. Alsdann halte ich die Kugel einen Augenblick zwischen dem Daumen und Zeigfinger, wodurch eine hinlängliche Wärme erregt wird, um die innere Luft zu verdünnen, und eine beträchtliche Menge davon herauszutreiben. Hierauf tauche ich das Ende der Röhre in gefärbten Weingeist, und entferne meine Finger von der Kugel; plözlich erkaltet hierdurch die innere Luft, und der Druck der äussern, mit der jene nimmer im Gleichgewicht steht, treibt von

der

der gefärbten Flüssigkeit in die Röhre. Wann die Säule dieser Flüssigkeit ungefähr 3 Linien lang ist, nehme ich die Röhre weg, und trockne sie plözlich an ihrem Ende ab. Die kleine Weingeistsäule erhebt sich nun in der Röhre, und bleibt mehr oder weniger nahe an der Kugel stehen, je nachdem die Berührung meiner Finger die innere Luft mehr oder weniger verdünnt hatte. Der Röhre gebe ich alsdann eine willkührliche Eintheilung, zum Beyspiel nach Linien, und um sie zur Zeit des Versuchs mit der gewöhnlichen Thermometer-Eintheilung vergleichen zu können, hänge ich das Luft-Thermometer neben einem sehr empfindlichen Quecksilber-Thermometer in einem Zimmer von gewisser Temperatur auf, und beobachte mit einem Fernglas (denn man kann ihm nicht nahe kommen, ohne seinen Stand augenblicklich zu verändern) die übereinstimmenden Grade der beyden Thermometer; die nemliche Beobachtung stelle ich dann auch in einem Zimmer von einer um etliche Grade verschiedenen Temperatur an. Hiedurch erhalte ich die Elemente einer vergleichbaren Eintheilung, von der ich für jedes Therm. das ich brauche, eine kleine Tabelle verfertige. Die Grösse ihrer Veränderungen hängt, wie bekannt ist, von dem gegenseitigen Verhältniß des Innhalts der Kugel und der Röhre ab; die tauglichsten sind immer die, bey welchen eine Veränderung um einen Grad der gewöhnlichen Eintheilung mit einem Raum von 2 Zollen auf ihrer eigenen Eintheilung übereinstimmt; dieß gestattet

eine

ziemlich beträchtliche Unterabtheilung. Wenn man diese Instrumente so auf der Stelle verfertiget, so sind sie bey allen Versuchen, wo man sehr kleine Unterschiede der Wärme beobachten muß, von grosser Tauglichkeit. Man muß aber die Vorsicht haben, sie nach jedesmaligem Gebrauch wieder auszuleeren; dieß geschieht, indem man die Kugel nur leicht erwärmt, und das Ende der Röhre abtrocknet, wann die Feuchtigkeit heraus getrieben ist. Unterläßt man diese Vorsicht, und werden sie einer Erkältung von etlichen Graden ausgesezt, so steigt die Flüssigkeit in die Kugel, und das Instrument ist verdorben; denn man kann sie in der Folge ohne viel Geduld und Zeit und ohne eine bis zum Glühen getriebene Erhitzung der Kugel und der Röhre, nicht mehr von innen so austrocknen, daß sie zu neuen Versuchen tauglich wären.

Das Therm. stelle ich in den Brennpunct eines Hohlspiegels in umgekehrter Richtung; die Röhre steckt ganz leicht in einem kleinen zylinderförmigen Gestell, das man nach Belieben höher oder niedriger machen kann; die Abtheilung ist auf ein Papier gezeichnet, das auf der Röhre aufgeleimt, und nicht breiter ist als ihr Durchmesser, folglich faßt der Körper des Instruments nur einen sehr kleinen Theil des Ausflusses auf, der sich auf den Hohlspiegel ergießt, und von da aus auf die Thermometerkugel zurükgeworfen wird.

§. 57.

Ich sagte oben, daß ich noch durch einen andern Apparat, als den dort beschriebenen, wo ich mich eines geschwärzten Thermometers bediente, den Einfluß verschiedenartiger Oberflächen auf das Zurükwerfen oder Verschlucken der Wärme untersucht hätte; diese Untersuchung veranlaßte folgende Versuche:

Ich stellte die beyden Brennspiegel nur in einer Entfernung von 50 Zoll von einander; im Brennpunct des einen war die mit siedendem Wasser gefüllte Phiole, und im Brennspiegel des andern das Luft-Thermometer. Ein für allemal ist zu merken, daß ich den Vereinigungspunct der durch die Spiegel zurükgeworfenen Wärme-Stralen immer voraus dadurch bestimmte, daß ich zuvor den Vereinigungspunct der zurükgeworfenen Lichtstralen aufsuchte. Zu dem Ende stellte ich in das kleine Behältniß, das sonst die Phiole einnahm, ein Wachslicht; wenn nun das Thermometer im Brennpunct des andern Spiegels auf seiner Kugel das volle, deutliche und gleich helle Bild desjenigen Spiegels, der auf jenen das Licht zurükwarf, zeigte, so war ich versichert, daß dieses Licht aus allen Puncten der Spiegelfläche ausfloß, und die Kugel folglich hier im wahren Brennpunct stand. Ich suchte diesen Punct durch Probiren, und wann ich ihn gefunden hatte, stellte ich an diesen Ort hin das Gestell meines Thermometers, und schritt dann zur

Verfertigung des Instruments selbst, das in 2. oder 3 Min. geschehen war. Hierauf nahm ich das Wachslicht weg, und sezte das Therm. wieder auf sein Gestell, wobey ich gewiß seyn konnte, daß es im Brennpunct stand. Der Versuch selbst war folgender:

Ich steckte ein ebenes, belegtes Spiegelglas so dünn als es aufzutreiben war, und von grösserem Umfang als meine Brennspiegel sind, auf eine Nuß, wie sie ein Winkelmesser hat, und stellte es in vertikaler Richtung mittenzwischen beyde Spiegel.

Dieses Spiegelglas bestand aus zwey Substanzen, die einander vollkommen berührten; nemlich aus einem ebenen Glas, dessen beyde Oberflächen einander gleich waren, und aus einem sehr dünnen Beleg von Amalgama, das auf der Seite, wo es das Glas berührte, ganz die Politur hatte, wie bey gewöhnlichen Spiegeln, und auf seiner hintern Oberfläche wegen des Ueberzugs mit dem Amalgama aus Zinn und Quecksilber blaß und ohne Glanz war.

Das Glas wurde so gestellt, daß es den Wärmestrom auf seinem Uebergang aus einem Spiegel in den andern auffieng. Man konnte ihm auf seinem Stativ eine halbe Wendung geben, daß es, wie man wollte, entweder die polirte und glänzende Spiegelfläche oder seine hintere blasse Oberfläche gegen die Seite hin kehrte, wo der Wärmestrom herkam,

 das

das heißt, gegen die Phiole zu. Der Unterschied der Wirkung auf das Therm. in diesen beyden Fällen zeigte dann, in welcher von beyden Stellungen die Wärme stärker aufgefangen oder zurükgeworfen wurde. Man sieht wohl, daß in diesem besondern Fall, wo die in der Mitte stehende Substanz unverändert blieb, diese beyden Ausdrücke gleichbedeutend sind, indem die durch diese Substanz verschluckte Menge von Wärme immer die nemliche bleiben, und die nicht durchgelassene Menge folglich zurükgeworfen werden mußte.

§. 58.

War die polirte Seite des Spiegels gegen die Phiole gekehrt, so betrug die mittlere Höhe, zu der das Luft-Therm. stieg, nur 0°, 5. Einer dieser Grade machte $\frac{1}{24}$ Grad des gewöhnlichen Thermometers.

War die matte Seite oder der Rücken des Spiegels gegen die Phiole gekehrt, so war die mittlere Höhe des Thermometers 3°, 5. Man sieht hieraus, daß von den beyden weissen Oberflächen die polirte viel stärker, als die matte, die Wärme zurükwarf.

Ich schwärzte alsdann die hintere Spiegelfläche mit Tusch und etwas Rauch, und wiederholte den nemlichen Versuch. War die polirte Seite des Spiegels gegen die Phiole gekehrt, so stieg das Therm. um 3°.

War aber die geschwärzte Hinterfläche gegen die Phiole gestellt, stieg es um 9°,2.

Hier zeigt sich ein sehr beträchtlicher Unterschied bey der Fortpflanzung der Wärme; er beträgt 6°,2. zum Vortheil der Stellung, da die schwarze Oberfläche gegen die Seite, wo der Wärmestrom herkam, gerichtet war.

§. 59.

Es wird ohne Zweifel manchem auffallen, daß die Wirkung der Wärme der Phiole auf das Therm. in diesen lezten Versuchen von der vorher unter gleichen Umständen beobachteten Wirkung abweicht; denn da die polirte Seite des Spiegels gegen das Glas gekehrt war, stieg das Therm. das erstemal nur auf 0°,5, und das zweytemal auf 3°. Dieser Unterschied kann daher rühren, daß das Therm. bey den lezten Versuchen etwas genauer im Brennpunct stand als bey den ersten. Da aber die, die mit einander verglichen worden sind, bey der nemlichen Stellung des Therm. angestellt wurden, so ändert dieser Unterschied nichts in den Resultaten, die ausser Zweifel zu setzen scheinen, daß die Natur und die Farbe der Oberflächen einen Einfluß auf die Zurükwerfung oder Fortpflanzung der Wärme haben.

§. 60.

Nun wollte ich auch noch wissen, wie viel die Belegung und der schwarze Ueberzug dazu beytrugen, die Wärme aufzufassen; ich nahm daher un-

mittelbar nach dem eben beschriebenen Versuch die ganze Belegung von dem Glas weg, und wiederholte meine Untersuchung.

Das Thermometer stieg diesmal auf 18°, folglich bey dem Gebrauch des unbelegten Glases um etwa 9° höher als bey dem Gebrauch des belegten, da seine geschwärzte Seite gegen die Phiole gekehrt war, und um 15° höher, als da die reine Seite der Belegung gegen die Phiole gewandt war.

§. 61.

Das durchsichtige Glas fieng die Wärme noch stärker auf; denn da man es entfernte, oder ihm eine Viertels-Wendung um sein Stativ gab, wodurch seine Ebene mit der Richtung des Wärmestroms parallel wurde, stieg es so plözlich, daß der Liquor in einigen Secunden aus der Röhre hinausgedrängt worden wäre, wenn man den Apparat in dieser Stellung gelassen hätte.

§. 62.

An die Stelle des Glases sezte ich dann ein weisses, dünnes Kartenpapier von der nemlichen Grösse als jenes war, um seine Wirkung mit der des Glases zu vergleichen.

Das Therm. stieg um 10°; folglich war die Wirkung des Kartenpapiers beynahe die nemliche, die wir beym Gebrauch des belegten und geschwärzten Glases, da seine schwarze Seite gegen der Phiole gekehrt war, beobachteten.

§. 63.

§. 63.

Da das Feuer mit dem Licht die Eigenschaft gemein hat, durch polirte Oberflächen nach den nemlichen Gesezen zurükgeworfen zu werden, so wäre es nicht unmöglich, daß es unter gleichen Umständen auch eben so gut gebrochen würde.

Um der Sache gewiß zu werden, stellte ich in den Brennpunct des einen der sphärischen Hohlspiegel die mit siedendem Wasser gefüllte Phiole, und fieng die parallel zurükgeworfene Stralen durch 3 verschiedene Glaslinsen auf, die in ihrem Mittelpunct von 6 bis auf 2,7 Lin. dik, und deren Brennweiten 24 bis 67,5 Zoll groß waren. Ich konnte aber in keiner ihrem Brennpunct ein sicheres Zeichen einer grössern Wärme wahrnehmen. Dem ungeachtet bin ich weit entfernt, zu behaupten, daß die Wärme der Brechbarkeit nicht fähig sey; da sie sich aber so schwer durch das Glas fortpflanzt, müßte man vielleicht diese Versuche mit andern, z. B. mit metallenen Linsen wiederholen, die ihr einen weit leichtern Durchgang verstatten.

§. 64.

Die Geschwindigkeit der freyen Wärme bey ihrer Fortpflanzung durch die Luft hat, so viel ich weiß, noch keinen Physiker beschäftiget; ihre Bestimmung lag aber ganz eigentlich in dem Plan meiner Versuche. Man glaubt allgemein, daß sie sich nur ganz langsam durch die Luft fortpflanze *);

*) de Luc, Ideen über die Meteorologie. §. 178.

ich habe aber Ursache, nach meinen Versuchen zu vermuthen, daß man sich dießfalls irre, oder vielmehr, daß man unter Wärme und Wärme unterscheiden müsse, wie ich sogleich zeigen werde.

Ich bediente mich zu dieser Absicht des Apparats, den Hr. de Saussure *) beschrieben hat. Ich stellte nemlich zwey Hohlspiegel von ungleicher Beschaffenheit in einer Entfernung von 69 Fuß von einander. Der, in dessen Brennpunct ich den erwärmten Körper legte, war einer von meinen eigenen oben beschriebenen Spiegeln von Zinn, der andere von vergoldtem Gyps, und hatte 18 Zoll im Durchmesser, und 15 Zoll Brennweite. In den Brennpunct des lezten sezte ich das Luft-Therm. Diese Einrichtung wählte ich deßwegen, weil in einer so grossen Entfernung die Unvollkommenheit des ersten Brennspiegels eine Zerstreuung der zurükgeworfenen Stralen verursacht, wodurch nothwendig eine beträchtliche Menge verlohren gehen würde, wenn man sie nicht auf einer verhältnißmäßigen grösseren Oberfläche auffienge.

In einer Entfernung von einigen Zollen von dem Brennpunct des ersten Spiegels stellte ich einen sehr dichten Lichtschirm. Der Beobachter steht neben dem Therm. und der Versuch fangt erst dann an, wann der aus dem erwärmten Körper sich ergiessende Wärmestrom seine ganze Wirkung auf das Therm. vollendet hat, und das Instrument vollkommen still steht.

Als-

*) In seinen Reisen durch die Alpen. §. 927.

Alsdann sezt man die obengemeldte Kugel, die bis zunächst an den Grad des Rothglühens erhizt ist, in einer Kapsel von Eisendrath in den Brennpunct des ersten Spiegels.

In dem nemlichen Augenblick, als man den Lichtschirm entfernt, steigt das Therm. ohne daß es eigentlich möglich wäre, einen Zeit-Unterschied zwischen der Ursache und der erfolgten Wirkung bey der Entfernung von ungefehr 69 Fuß wahrzunehmen.

Gesezt aber auch, es verflössen eine oder zwey Sec. und sicher findet zwischen der Entfernung des Lichtschirms und der Wirkung des Therm. kein grösserer Zeitunterschied statt: so würde diese Zögerung ohne Zweifel größtentheils der schweren Durchdringlichkeit des Therm. Glases für die Wärme-Materie zugeschrieben werden müssen, und immer würde die Geschwindigkeit des Feuers noch so groß seyn, daß man sie diesem Versuch nach, den ich in grössern Entfernungen nicht anstellte, auf eine Entfernung von 69 Fuß noch nicht bestimmen könnte.

In dem Augenblick, daß man den Lichtschirm wieder in seinen Ort stellt, fällt das Thermometer, und steigt plözlich, so wie man ihn wieder entfernt. Es scheint sogar, daß das Instrument in dem lezten Fall, wo der Raum zwischen der Wärmequelle und dem Therm. durch den schon wiederholten Versuch gewissermassen mit dem erwärmenden Ausfluß angefüllt ist, noch schneller, als da der Lichtschirm

zum erstenmal entfernt wurde, die Gegenwart der ausströmenden Wärme anzeige.

§. 65.

Dieser Versuch widerspricht nicht nur der allgemein angenommenen Vorstellung von der Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Wärme, sondern dem Ansehen nach auch bekannten Thatsachen. Wenn man nemlich in einem Zimmer einheizt, so scheint ein in die entfernteste Ecke des Zimmers gestelltes Therm. erst nach zimlich langer Zeit die Ankunft des Wärmestroms anzuzeigen. Denkt man aber über den Vortheil nach, den nach §. 50. diese Einrichtung der Spiegel gewährt, wodurch nemlich in einer gegebenen Entfernung die Wirksamkeit des Wärmestroms im Verhältniß gegen die geringe Wirkung des in gerader Linie sich fortpflanzenden Ausflusses verstärkt wird, und betrachtet man noch zudem die ausserordentliche Empfindlichkeit meiner Therm., so wird man die von mir beobachtete Erscheinung mit der allgemeinen Erfahrung reimen können.

§. 66.

Aus dem Bisherigen scheint zu erhellen, daß sich das Feuer sowol in der Luft als in den andern Körpern auf zweyerley Art zugleich fortpflanze. Es scheint nemlich, daß derjenige Theil des Wärmestroms, der in seiner Fortpflanzung nur auf die Zwischenräume und nicht auf die festen Theile des Körpers trift, in gerader Linie, und im jedem Fall mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit, vielleicht

eben

eben so schnell als der Schall oder wohl gar als das Licht, fortströme; und daß hingegen der, der den Bestandtheilen des Körpers auf seinem Weg begegnet, sich mit ihnen unter der Modification der spezifischen Wärme vereinige, und sich nach der verschiedenen Leitungskraft verschiedener Substanzen mehr oder minder langsam fortpflanze. Den ersten Theil des Wärmestroms könnte man strahlende (rayonnante) den zweyten, fortgepflanzte (propagee) Wärme nennen.

§. 67.

Ich nahm mir vor, den oben beschriebenen, auf eine Enfernung von 50 Fuß angestellten Versuch zu wiederholen, und statt des kleinen zinnernen Spiegels auf die Seite des Therm. einen grössern zu setzen, um den durch den ersten Spiegel in dieser Distanz unregelmäßig zurükgeworfenen Ausfluß in grösserer Menge aufzufangen. Hiezu bediente ich mich des Spiegels von vergoldtem Gyps anfänglich nicht, weil ich einen grossen gläsernen Hohlspiegel von 16 Zoll im Durchmesser und 27 Zoll Brennweit für weit tauglicher zu dieser Absicht hielt. Aber zu meiner Befremdung sahe ich, daß das Therm. in seinem Brennpunct beynahe gar keine Vermehrung der Wärme anzeigte, ungeachtet die Kugel im Brennpunct des entgegengesezten zinnernen Spiegels lag. Die Ursache merkte ich bald, denn sie ist sehr natürlich. Wir haben nemlich schon gesehen, daß das Glas nur schwer von der Wärme

me durchdrungen wird, und einen beträchtlichen Theil davon auffangt. Nun ist es nicht die vordere Oberfläche der Glasspiegel, die den größten Theil der Lichtstralen zurükwirft, sondern die metallene Oberfläche, die als Belegung hinter dem Glas ist. Folglich muß die Wärme, um bis auf diese Fläche zu kommen, die ganze Dicke des Glases durchziehen, und kann sich nicht zurükwerfen, ohne sie abermals zu durchdringen. Indem sie nun auf diese Art zweymal durch eine Substanz gleichsam durchgebeuttelt wird, die ihr den Durchgang so schwer macht, so bleibt nur wenig übrig, das auf das Therm. wirken könnte. Um diesen beträchtlichen Verlust zu vermeiden, nahm ich meine Zuflucht zu einer ganz metallenen Oberfläche, nemlich zu dem Spiegel von vergoldetem Gyps, der, so unvollkommen er im Verhältniß gegen den gläsernen das Licht zurükwarf, doch sich viel vorzüglicher und tauglicher, als dieser, bey der Zurükwerfung der Wärme zeigte.

§. 68.

Aber was wird wohl aus der Wärme, die so durch das Glas aufgefangen wird? Wir haben eben gesehen, daß sie der Spiegel nicht vor sich hin zurükwirft, und die mit dem Planspiegel angestellten Versuche §. 42. zeigen, daß sie eben so wenig das Glas durchströmt; folglich muß sie in diesem zurük bleiben, und Erwärmung wirken. Sie breitet sich nach dem Verhältniß der spezifischen Wärme des

Glases

Glases in ihm aus, und man würde ohne Zweifel ihre Wirkung wahrnehmen, wenn der Spiegel lange Zeit der Wirkung des Wärmestroms ausgesezt wäre.

§. 69.

Ich unterredete mich einmal über diese Versuche mit Hrn. Bertrand *), der sich als Professor der Mathematik auf unserer Akademie berühmt gemacht hat, und ein Schüler des unvergeßlichen Eulers war; bey dieser Gelegenheit fragte er mich, ob ich nicht auch die Kälte für fähig halte zurükgeworfen zu werden? Ich verneinte es dreust, und sagte, daß, da die Kälte nur Mangel der Wärme sey, sie als eine negative Grösse nicht zurükgeworfen werden könne; dennoch bat er mich, Versuche darüber anzustellen, und dieß thaten wir gemeinschaftlich. **) Ich machte meinen Apparat genau wie bey den Versuchen über die Zurükwerfung der Wärme zurecht, und bediente mich meiner beyden zinnernen Hohlspiegel, die ich in einer Entfernung von $10\frac{1}{2}$ Fuß von einander stellte. Im Brennpunct des Einen war ein Luft-Therm., das man mit der nöthigen Vorsicht beobachtete, und im Brenn-

*) Er ist Verfasser des Werks: Developpement de la partie élémentaire des Mathematiques.

**) Die Mitglieder der Academie del Cimento haben es gleichfalls versucht, die Kälte im Brennpunct eines Hohlspiegels zu concentriren, aber sie bekennen selbst, daß ihr Versuch zu unvollkommen gewesen sey, um etwas gewisses daraus folgern zu können.

Brennpunct des andern eine Phiole voll Schnee. In dem Augenblik, als die Phiole an ihrem Plaz war, fiel das Therm. im andern Brennpunct um mehrere Grade, und stieg wieder, so wie man sie entfernte. Nachdem ich sie wieder in den Brennpunct gestellt, und das Therm. so weit zum Fallen gebracht hatte, daß es stille stand, goß ich Salpeter-Säure auf den Schnee, und die dadurch hervorgebrachte Kälte machte, daß das Therm. plözlich um 5 bis 6 Grade tiefer fiel.

§. 70.

Diese Wirkung war ausser allem Zweifel, und machte mich anfänglich nicht wenig bestürzt; doch fand ich nach einigen Augenblicken des Nachdenkens die Erklärung dieses Phänomens. Im Grund ist es nichts mehr, als ein neuer Beweiß von der Zurükwerfbarkeit der Wärme, wenn man noch einen nöthig hätte. Ich stelle mir nemlich die Sache so vor:

A und B seyen die zwey Spiegel, die in einem Zimmer von einer gewissen Temperatur stehen; im Brennpunct des Spiegels A sey ein Thermometer, das die Temperatur des Zimmers anzeige, und den Brennpunct des Spiegels B denke man sich, wie es denn auch wirklich ist, mit einer kleinen Quantität von der sich im Zimmer befindenden Luft von der nemlichen Temperatur, als die übrige ist, ausgefällt.

Wir

Wir haben §. 8. bemerkt, daß jeder erwärmte Körper in einem gewissermassen gezwungenen Zustand sey, und daß das Feuer immer ihn zu verlassen sich bestrebe: Nun kann das Therm., so gering auch seine Temperatur seyn mag, im Verhältniß gegen jeden Körper, der kälter als es selbst ist, als ein warmer Körper angesehen werden, sein Feuer äussert ein Bestreben, von ihm auszufliessen, und wenn es dieß thun könnte, würde es sich um das Therm. herum als ein strahlender Ausfluß verbreiten; ein beträchtlicher Theil davon würde auf dem Spiegel A, in dessen Brennpunct das Instrument steht, auffallen, von diesem in parallelen Strahlen auf den Spiegel B zurükgeworfen, und durch ihn in seinem Brennpunct vereiniget werden. Diese Wirkung aber wird in diesem Fall nicht wirklich wahrgenommen, weil die Luft, die im Brennpunct des Spiegels B ist, vermöge der Voraussetzung einerley Temperatur mit dem Thermom. hat, folglich hat ihr Feuer genau die nemliche Spannung, als das Feuer des Therm. im andern Brennpunct, und widersteht dem Ausfluß des lezten mit einer Kraft, die genau der gleich ist, welche das Feuer im Therm. anwendet, um sich auf den Brennpunct B zu ergiessen. In diesem Fall ist alles in vollkommenem Gleichgewicht, und das Feuer kann sich nicht bewegen, weil es sich selbst mit durchaus gleichen Kräften widersteht.

Sezen wir nun aber statt der Luft von durchaus gleicher Temperatur in den Brennpunct des

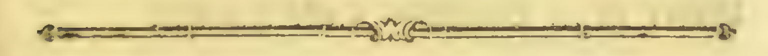
Spie-

Spiegels B nicht blos einen kältern Körper als das Thermometer im Brennpunct ist, sondern einen solchen, der wie Schnee oder Eis die Eigenschaft hat, die Wirksamkeit des auf ihn zuströmenden Feuers ganz zu vernichten, so wird der Gang des Feuers im Thermometer, der unter der Voraussetzung obiger Umstände nur verborgen wirkte, plözlich sichtbar wirken; der kalte Körper ist nun einem Feuerschlund gleich, der aus dem ganzen Zimmer Wärme verschlingt, und die des Thermometers desto stärker an sich zieht, da sie gleichsam aus einem Trichter auf ihn ausgegossen wird; denn da der Spiegel A ungefähr $\frac{1}{3}$ der aus dem Therm. ausfliessenden Wärme auffaßt, und auf den Spiegel B zurükwirft, in dessen Brennpunct sie von dem Schnee verschlungen wird, so ist diese Art, das Therm. seiner Wärme zu berauben, weit wirksamer, als wenn man eine gleiche Menge Schnee in einer Entfernung von 10 Fuß blos in gerader Richtung hätte wirken lassen. Meine Vorrichtung taugt also eben so gut, das Thermometer seiner Wärme zu berauben, als sie selbige zu vermehren taugte, da man statt eines kältern Körpers als das Therm. ist, einen wärmern in den Brennpunct B legte; und im Grund ist der Versuch mit dem Schnee, einerley mit dem, den man mit der erhizten Kugel oder der mit siedendem Wasser angefüllten Phiole anstellte, und unterscheidet sich von diesem blos durch die Richtung des Wärmestroms. In dem Versuch mit der Kugel geht dieser von der Kugel in das Ther-

Thermometer, aus dem Brennpunct A in den Brennpunct B, und in dem Versuch mit Schnee geht er in der entgegengesezten Richtung, nemlich vom Therm. in die Phiole; das Therm. spielt also mit dem Stück Eis die nemliche Rolle, wie die Kugel mit dem Thermometer.

§. 71.

Diese Erklärung bleibt alsdann noch richtig, wenn man die erwärmende Wirkung nicht einem wirklichen Wärme-Ausfluß zuschreibt, sondern nur einer besondern Schwingung der elastischen Feuer-Flüssigkeit, die den Raum, wo der Versuch angestellt wird, erfüllt; denn man weiß, daß diese Schwingungen nach den nemlichen Gesezen wie die wirklichen Ausflüsse sich zurükwerfen lassen, wovon uns die Zurükwerfung des Schalls ein tägliches Beyspiel gibt.



Viertes Kapitel.

Beschreibung des Apparats, den Durchgang der Wärme durch einige elastische Flüssigkeiten zu beobachten.

§. 72.

Nun schritt ich zu einer Arbeit von grossem Umfang, nemlich zu den Versuchen über den Durchgang der Wärme durch verschiedene elastische Flüssigkeiten und durch den luftleeren Raum selbst, und hoffte

 te

te hier merkwürdige Phänomene zu entdecken. Meine bisherigen Versuche kamen mir bey diesem Geschäft sehr zu statten, und leiteten mich auf eine neue Verfahrungsart, von der ich die besten Erfolge erwarten konnte.

Vermittelst meiner Vorrichtung war es mir nemlich leicht, ein Thermometer innerhalb eines gewissen durchsichtigen Mittels zu erwärmen, ohne (wenigstens in Vergleichung mit dem Therm. ohne Bedeutung) dieses Mittel selbst erwärmt zu haben, und es noch überdieß nach meinem Gefallen zu verändern; indem ich nun den Gang der Erwärmung und Erkaltung des Therm. unter solchen verschiedenen Umständen beobachtete, konnten mich die beobachteten Unterschiede auf bald mehr bald weniger wichtige und mir ganz neue Resultate leiten. Dieß war im allgemeinen meine Verfahrungsart. Die Beschreibung des Apparats, der mir zu diesem Zweck diente, ist der Gegenstand dieses Kapitels.

§. 73.

Bey T. fig. I. sieht man ein Quecksilber-Thermometer, dessen Kugel $2\frac{1}{2}$ Lin. im Durchmesser hat; es hat keine Bekleidung, und die Abtheilung ist auf der Röhre selbst mit Schmergel gezeichnet; sie geht vom 5ten Grade unter dem Gefrierpunct bis auf den 40sten oberhalb desselben, der sich an dem obern Ende der Röhre befindet. Die Röhre selbst ist an ihrem Ende in einen Ring umgebogen, und hängt an dem Gestell *S S*, das gleichfalls aus

einer

einer gläsernen Röhre besteht. Eine Zange, die an dem Gestell angebracht ist, hält das Therm. fest, und verhindert sein Hin- und Herschwanken. Diese Einrichtung diente, wie man sieht, zu verhindern, daß sich die auf das Therm. zufliessende Wärme nicht in andere benachbarte Körper, in die sie leicht hätte eindringen können, zerstreute.

§. 74.

Ferner befindet sich oben am Gestell bey E ein kleines Electrometer, das aus einem Stück Metall in Form eines umgekehrten T verfertiget, und durch einen Ring an dem Gestell befestiget ist. An seinen beyden Enden hangen, wie bey dem Electrometer des Hrn. de Saussüre, 2 paar kleine Kugeln an sehr feinen Metallfäden. Das eine paar Kugeln ist von Hollunder-Mark, das andere sind zwey Rübsaamen-Körner. Diese geben um ihrer grössern Schwere willen einen weniger empfindlichen Electrizitäts-Zeiger als die Kugeln aus Hollunder-Mark, und dienen eben deswegen, weil sie sich weniger leicht als diese von einander entfernen, gewissermassen zur Bestimmung des Grades der electrischen Symptome.

§. 75.

H. H ist ein Haar-Hygrometer, das nur in seiner äusserlichen Form von dem, das Hr. de Saussüre erfunden hat, abweicht. Man sieht bey C das Haar, das oben in einer Zange eingeklemmt wird, und dessen unteres Ende über einer zirkelförmigen

Welle oder einer Art von halben Rolle herliegt; diese ist mit dem Zeiger des Instruments verbunden, und bewegt sich mit ihm um einen gemeinschaftlichen Zapfen. Bey H ist ein Quadrant, der in 100 Theile abgetheilt ist, und vom Punct der höchsten Trockenheit, der sich unten befindet, bis zum Punct der größten Feuchtigkeit geht, welcher leztere oben am Quadranten, und mit der Zahl 100 bezeichnet ist. Ich will mich in keine weitläufige Beschreibung dieses Instruments einlassen, da es von seinem gelehrten Erfinder selbst in seinem Versuch über die Hygrometrie aufs vollständigste beschrieben, und den Physikern allgemein bekannt ist. Nur füge ich das noch bey, daß dieses Instrument neben den vielen Vorzügen, die es überhaupt schäzbar machen, eine gewisse Eigenschaft in so hohem Grad besizt, daß es bey Versuchen der Art, als ich anstellte, von unschäzbarem Werth ist; ich meyne seine Empfindlichkeit oder seine Schnelligkeit, den Grad der Feuchtigkeit des Mittels, in dem es eingesenkt ist, anzunehmen. Seine Empfindlichkeit war noch grösser als selbst die des Thermometers, wie man in der Folge sehen wird.

§. 76.

Bey R befindet sich ein Elastizitäts-Zeiger oder eine Art von einem kleinen Heber-Barometer, das entweder den Grad der Verdünnung der Luft in dem Ballon, je nachdem gewisse Versuche in ihm angestellt werden, oder die manometrischen Wirkungen

der

der elastischen Dünste, die in den luftleeren Raum geleitet werden, anzuzeigen bestimmt ist. Der Arm des Hebers bey R ist oben offen, der andere verschlossen; das Quecksilber in der Röhre ist durch Auskochen sehr genau von Luft gereiniget, und die Abtheilung, die die Grade der Verdünnung der Luft anzeigt, geht von dem Punct an, wo die Luft noch mit einer 3 Zoll hohen Quecksilber-Säule im Gleichgewicht steht, bis zum Punct der waagrechten Ebene des Quecksilbers in beyden Armen, wenn es möglich wäre, diesen zu erhalten.

§. 77.

Diese 4 Instrumente werden zusammen in den Ballon B fig. 1. und 2. gestellt, den man in der 2ten Figur im Kleinen gezeichnet sieht. Sein Hals steckt in einer Kappe oder Hülse von Messing, und ist darinnen durch den von Hrn. de Saussüre beschriebenen Kütt *), der in solchen Fällen die besten Dienste leistet, befestiget. Der ganze Apparat ist fig. 2. abgebildet. Auf den ersten Anblick scheint er sehr zusammengesezt, aber dieß kommt nur daher, weil in der Figur alle die verschiedenen Theile, die zu verschiedenen Versuchen dienen, aber nicht auf einmal gebraucht werden, mit einander verbunden vorgestellt sind.

Aus der Verbindung des ganzen Apparats sieht man gleich, wie das in den Mittelpunct des gläsernen Ballons gesezte Thermometer erwärmt wer-

*) Versuch über die Hygrometrie. §. 83.

werden kann, ohne daß zugleich die Flüssigkeit, mit der der Ballon angefüllt ist, merklich erwärmt wird. Dieß geschieht nemlich vermittelst der beyden Wachslichter und der Spiegel, die so, wie die Figur zeigt, gestellt werden. Man weiß, daß wenn sich bey einem sphärischen Hohlspiegel der stralende Körper längst der Axe zwischen dem Brennpunct des Spiegels und dem Mittelpunct der Sphäre, von der er ein Theil ist, befindet, die zurükgeworfene Strahlen sich in einem gewissen Punct dieser Axe vereinigen, und das Bild des strahlenden Körpers darstellen. Die Richtung einiger dieser Strahlen ist auf der einen Seite der Figur abgezeichnet, und es ist ohne weitere Erklärung deutlich, daß durch diese Vorrichtung das Thermometer allein, unabhängig von dem Mittel, in dem es sich befindt, erwärmt werden kann. Um die Wachslichter an den rechten Ort zu stellen, bediene ich mich des in §. 57. angezeigten Mittels, und schiebe sie im Leuchter allmählig empor, so wie sie sich verzehren.

§. 78.

Der Ballon hat die Form einer regelmäßige Birne, ist von weissem Glas und sehr dünn. Er enthält 777 Unzen 6 Drachmen und 2 Scrupel Wasser von einer Temperatur von 10°; dieß gibt für seinen Innhalt 1200,199 Cubikzoll. Zieht man von diesen 3,908 als den Raum, den die verschiedenen Instrumente in ihm einnehmen, ab, so bleiben noch 1196,291 Cubikzolle für das Volumen der Flüssig-

kei-

keiten, die in ihm dem Versuch unterworfen werden, übrig. Sein Hals, der mit einer Kappe von Messing eingefaßt ist, paßt in einen hölzernen auf einer Seite offenen Ring, und ruht auf 3 Füssen, die in einen Zirkel, der ihnen zur Grundfläche dient, eingesteckt sind. Der Ballon mit seiner Geräthschaft und die Wachslichter stehen auf einer Tafel, die in ihrer Mitte eine Oeffnung hat, und von einem Dreyfuß, der gleichfalls oben offen ist, getragen wird.

§. 79.

Mit dem Innern des Ballons stehen zwey Röhren in Verbindung, die in die metallene Kappe, womit derselbe unten beschlagen ist, eingeschraubt sind; die eine von ihnen geht vertikal unterwärts, und kann durch einen Hahn, den man bey R sieht, nach Belieben verschlossen werden. Weiter unten ist ein zweyter Hahn, von dem man in der Figur nur den Schlüssel bemerkt; die Röhre läßt sich zwischen den beyden Hahnen aufschrauben, und endigt sich in einen zylinderförmigen gläsernen Becher, der nur unten offen, und nach tausend Theilen des ganzen Innhalts des Ballons abgetheilt ist. Dieser Becher ist in einen andern C eingesenkt, der oben offen ist, und in den man Wasser gießt; dieses steigt im innern Becher bis zur waagrechten Ebene, und dann schraubt man diesen an den Ballon an vermittelst der Schraube, die zwischen den beyden Hahnen, von denen der eine über dem andern steht, befindlich ist.

Wenn man nun annimmt, die beyden Hahnen stehen offen, der Weg vom Ballon in den innern Becher sey geöfnet, und die Luft in ihm dehne sich aus, so muß ein Theil von ihr sich in den abgetheilten Becher ziehen, und das Wasser in ihm zurükdringen; indem nun in dem innern Becher das Wasser sinkt, steigt es zu gleicher Zeit in dem äussern empor, und der Unterschied der waagrechten Ebene des Wassers in beyden Bechern, der durch diese Einrichtung vergrössert wird, zeigt aufs genaueste auch die kleinste Veränderung des Luft-Volumens im Ballon.

Um aber die wahre Grösse der Vermehrung und Ausdehnung des Luft-Volumens bey einerley Druck auf die innere Luft zu erfahren, schraube ich den Dreyfuß T, auf dem der äussere Becher C steht, in eben dem Verhältniß herab, als das Volumen der Luft sich vermehrt, und die waagrechte Ebene des Wassers im innern Becher niedriger und im äussern höher wird, so daß in beyden Gefässen das Wasser wieder in einer waagrechten Ebene steht. Es erhellet, daß alsdann die Abtheilungen des innern Gefässes durch den äussern Becher hindurch gesehen werden, und die Vergrösserung des Luft-Volumens sehr genau anzeigen, vorausgesezt, daß der Druck einerley bleibt, das heißt, daß der Druck der Luft im Ballon beständig mit dem Druck der Atmosphäre im Gleichgewicht steht. Man sieht wohl, daß man das umgekehrte Verfahren einschla-

gen

gen muß, wann die Luft sich verdichtet, und das Volumen im Ballon sich verkleinert.

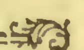
§. 80.

Die Neben-Röhre endlich, an der man einen Hahn r sieht, kann gelegenheitlich mit verschiedenen Stücken verbunden werden, und unter andern, wie die Figur zeigt, mit einer heberförmigen Glasröhre von ungleich langen Armen, die an ein in Zolle und Linien abgetheiltes Taffetband EE angeheftet ist. Diese Röhre ist an ihrem obern Ende offen, man gießt in sie so viel Quecksilber, bis dieß in beyden Armen zu der Höhe n steigt, und verbindet dann diese Röhre mit der Neben-Röhre r. Dieser Apparat dient, durch die Veränderungen des waagrechten Stands des Quecksilbers und sein Emporsteigen in dem langen Arm des Hebers, die Grade der Verdichtung einer in den Ballon geleiteten Luftart anzuzeigen. Wenn zum Beyspiel der Unterschied des waagrechten Stands des Quecksilbers in den beyden Armen so groß würde, daß er der Höhe eines Barometers in der freyen Luft im Augenblick des Versuchs gleich wäre, so würde in diesem Fall der Druck auf die Luft im Ballon so groß seyn, als der Druck zweyer Atmosphären zusammen, und ihre Dichtigkeit doppelt so groß, als die Dichtigkeit der äussern Luft.

§. 81.

Dieser ganze Apparat, dessen Verfertigung zum Theil viele Mühe und Behutsamkeit erforderte, ist

ein Werk des Herrn Paul, eines von allen Physikern und unserer ganzen Stadt wegen seiner seltenen Geschicklichkeit und mechanischer Erfindungskraft geachteten Künstlers. Sein Ansehen ist zu fest gegründet, als daß es noch meines Zeugnisses bedürfte; es macht mir aber Vergnügen, sagen zu können, daß unter anderm die Hahnen, die gar oft der gebrechliche Theil eines solchen Apparats sind, die Luft so gut halten, daß, als ich die Luft im Ballon bis auf $1\frac{1}{2}$ Linie der Barometer-Probe verdünnt hatte, ich den Apparat 6 Monate lang in diesem Zustand ließ, ohne daß eine merkliche Menge Luft eingedrungen wäre; sie hätte aber während dieser Zeit durch die beyde verschiedenen Hahnen eindringen können, wenn diese nicht so vollkommen gearbeitet wären.

Fünftes Kapitel.

Vorläufige Versuche — Wirkung des Lichts einer Wachskerze, das auf ein geschwärztes Therm. zurükgeworfen wird — Einfluß des Tageslichts — Untersuchung der Hindernisse, die die Wände des Ballons dem Wärmestrom entgegensezen, und Bestimmung der mittlern Temperatur der Luft im Ballon während der mittlern Dauer der Versuche. — Vortheilhafter Gebrauch dieses Apparats zu manometrischen Versuchen.

§. 82.

Die Versuche des 3ten Kap. zeigten mir, daß die Wärme nur sehr schwer das Glas durchströmte, woraus

woraus ich schloß, daß, wenn ich vermittelst des erst beschriebenen Apparats eine auch nur wenig beträchliche Wärme auf das Therm. im Mittelpunct des Ballons leiten wollte, zwey in die Brennpuncte der Spiegel gestellte Phiolen mit siedendem Wasser dazu nicht hinreichend seyn würden; sondern daß zu diesem Endzweck stärkere und zugleich so viel möglich beständig und unveränderlich erwärmende Mittel, z. B. brennende Wachskerzen, gewählt werden müssen.

Bisher hat man noch nicht hinlänglich erklärt, wie ein starkes Licht manchmal Wärme errege, dem ungeachtet ist diese Wirkung zuverläßige Thatsache, und ich glaube, daß man in dieser Rücksicht das Wachslicht im Brennpunct jedes Spiegels als einen zugleich erwärmenden und leuchtenden Körper betrachten kann, der durch die Zurükwerfung dieses gedoppelten Ausflusses eine grössere Wirkung auf das Therm. hervorbringt, als wenn dieser Körper blos warm, ohne leuchtend, oder blos leuchtend wäre, ohne warm zu seyn.

§. 83.

Es ist bekannt, daß die schwarzen Körper das Licht sehr stark einschlucken, und daß dadurch Wärme entsteht. Eben diese Körper sind nach §. 57. für die Wärme gleichsam durchsichtig, das heißt, sie gestatten ihr einen sehr leichten Durchgang; weil sich nun bey den brennenden Wachslichtern diese beyden Wärme-Mittel vereinigt befinden, war ich be-

gie-

gierig zu untersuchen, welche Wirkung sie auf ein Thermometer äussern würden, wenn es bald geschwärzt, bald glänzend in der freyen Luft in den gemeinschaftlichen Brennpunct der beyden Spiegel gesezt würde.

Ich hielt die Kugel meines Therm. mehreremal über die Flamme einer Kerze, bis sich auf ihr ein schwarzer Ueberzug von Rauch gebildet hatte, durch den man noch das durch die Kugel selbst zurükgeworfene Bild der brennenden Kerze ganz deutlich erkennen konnte. Dieß Thermometer stellte ich alsdann in den gemeinschaftlichen Brennpunct der Spiegel, und es stieg in 1025 Sec. von 8° bis auf 34°, wo sich das Maximum der erwärmenden Wirkung der Wachslichter befand.

War das nemliche Instrument gereinigt und glänzend, und wie zuvor gestellt, so stieg es in 937 Sec. von 8° bis auf 22°, wo es gleichfalls sein Maximum erreicht hatte. Ich verglich die Zeiten, innerhalb deren das Therm. in beyden Fällen zu gleich hohen Graden gestiegen war, und fand, daß 713″ erforderlich waren, bis das Therm. mit der reinen und glänzenden Kugel von 9° auf 21° stieg, und daß das nemliche mit der geschwärzten Kugel nur 260″ nöthig hatte, um die nemliche Höhe zu erreichen.

Folglich erhält das geschwärzte Therm. durch die gedoppelte Wirkung des Lichts und der Wärme, die sich bey dem Gebrauch des Wachslichts ver-

vereinigt befinden, eine Erwärmung, die um vieles beträchtlicher ist als die Erwärmung des weissen und reinen Thermometers.

§. 84.

Nachdem ich die Grade der Erwärmung, die ein und eben dasselbe Therm. sowohl geschwärzt als rein annahm, verglichen hatte, war ich begierig, zu untersuchen, wie viel Einfluß die nemlichen Umstände bey seiner Erkaltung haben würden. Auch diese Wirkung ist sehr merkwürdig, wie man aus der Vergleichung der Zahlen in der unten stehenden Tabelle abnehmen kann; die erste Reihe enthält die Grade des Therm., die zweyte die Zeiten, in denen das mit der geschwärzten Kugel von Grad zu Grad erkaltete.

Grade des Therm.	Zeiträume der Erkaltung v. Gr. zu Gr. in Sec.	
	Weisse Kugel.	Geschw. Kugel.
11.	"	"
12.	97.	113.
13.	86.	100.
14.	68.	76.
15.	50.	68.
16.	46.	51.
17.	41.	48.
18.	37.	39.
19.	36.	40.
20.	24.	30.
21.	26.	30.
	508″.	595″.

Die Erkaltung des Therm. scheint bey der schwarzen Kugel langsamer als bey der andern vor sich gegangen zu seyn; aus der Vergleichung der beyden Summen erhellet, daß sich ihr Unterschied ungefähr wie 5 : 6 verhält. Die Ursache dieses Unterschieds besteht wahrscheinlich in dem Widerstand, den der schwarze Ueberzug dem Bestreben der Wärme, aus dem Therm. auszuströmen, entgegensezte; denn bekanntlich ist die Kohle einer der schlechtesten Leiter der Wärme.

§. 85.

Der beträchtliche Einfluß des schwarzen Ueberzugs auf die Verstärkung der erwärmenden Kraft der Wachslichter brachte mich auf die Vermuthung, daß vielleicht auch selbst das Tageslicht ein geschwärztes Therm. höher als ein reines treiben könnte.

Um mich von der wahren Beschaffenheit der Sache zu überzeugen, wählte ich zwey wohl übereinstimmende Quecksilber-Therm.; die Kugel des einen schwärzte ich, und schloß beyde zusammen eine Zeitlang in einen dunkeln Kasten ein. In dem Augenblick, als ich die Thüre öfnete, fand ich beyde gleich hoch, aber plözlich wirkte das Licht, und das geschwärzte stieg um ungefähr 2 bis 3 Zehendtheile eines Grades höher als das andere. Der Unterschied fand so lange statt, als beyde dem Licht ausgesezt waren, und verschwand, da man sie wieder in die Dunkelheit brachte. Ich bin versichert, daß die nemliche Ursache eine ähnliche Wirkung in

den

den Weingeist=Thermometern, deren Liquor ganz dunkelroth ist, hervorbringt, und daß, wenn sie des Nachts mit Quecksilber=Therm. übereinstimmen, sie des Tags etwas höher als diese stehen, und zwar um so mehr, je lebhafter das Tageslicht ist. Ich glaubte mehr als einmal dieses beobachtet zu haben, und zudem ist ja bekannt, daß sie bis auf 10° und drüber von einander abweichen, wenn sie von den Sonnenstrahlen unmittelbar getroffen werden.

Hätte ich in den Mittelpunct des obenbeschriebenen Ballons ein geschwärztes Therm. gesezt, so würde durch die bisher gebrauchten Mittel seine Temperatur ohne Zweifel noch mehr erhöht worden seyn; ich begnügte mich aber an der Untersuchung ihrer Wirkung auf die reine und polirte Kugel. Der Gebrauch des schwarzen Ueberzugs würde die Resultate verwickelter gemacht, und bey gewissen Versuchen, die ich in Gedanken hatte, Nachtheil gebracht haben; ich wollte daher immer lieber das §. 73. beschriebene Thermometer ohne allen Zusaz gebrauchen.

§. 86.

Nachdem ich gefunden hatte, wie groß die erwärmende Wirkung zweyer Wachslichter auf das Therm. ist, wenn es im gemeinschaftlichen Brennpunct der beyden nach der §. 57. beschriebenen Art gestellten Brennspiegel in der freyen Luft aufgehängt wird, so mußte ich vor dem weitern Verfolg meiner Versuche im Ballon noch untersuchen, wie viel von dem Wärmestrom die Wände des Ballons auf=

fangen. Zu dieser Absicht waren die beyden folgenden Versuche über die Erwärmung und Erkaltung des Therm. hinlänglich; in beyden waren alle Umstände durchaus die nemlichen, nur mit dem einzigen Unterschied, daß bey dem einen Versuch das Therm. innerhalb des Ballons im gemeinschaftlichen Brennpunct der Spiegel, und bey dem andern zwar im nemlichen Ort aber ausserhalb des Ballons in der freyen Luft stand: die Vergleichung seiner Erwärmung und Erkaltung in beyden Fällen mußte mir die Wirkung der Wände des Ballons anzeigen. Die Resultate beyder Versuche sind folgende:

Erwärmung.			Erkaltung		
Grade.	Therm. innerh. d. Ball.	Therm. ausserh. d. Ball.	Grade.	Ther. innerh. d. Ball.	Ther. ausserh. d. Ball.
9.	88″.	33″.	21.	. . .	26″.
10.	85.	38.	20.	. . .	24.
11.	92.	38.	19.	. . .	36.
12.	100.	48.	18.	. . .	34.
13.	138.	54.	17.	67″.	41.
14.	130.	52.	16.	83″.	46.
15.	160.	66.	15.	103.	50.
16.	330.	80.	14.	99.	68.
17.	. . .	91.	13.	196.	86.
18.	. . .	77.	12.	185.	97.
19.	. . .	52.	11.	257.	
20.	. . .	84.	10.	372.	
21.	. . .	198.	9.		
22.					
Summen	1123″.	911″.			

Man bemerkt erstlich bey dem Anblik dieser Tabelle, daß bey dem Gang der Erwärmung von einem Grad zum andern weit mehr Unregelmäßigkeit statt hat, als bey dem Gang der Erkaltung; die ganze Reihe von Versuchen wird diesen Erfolg bestätigen, dessen Ursache übrigens nicht schwer zu finden ist. Ich sahe nemlich, daß auch die geringsten Unterschiede in der Stellung der Lichter und in der Lebhaftigkeit ihrer Flamme einen schnellen und merklichen Einfluß auf ihre erwärmende Wirkung hatten: Hingegen wirkte bey den Beobachtungen der von Grad zu Grad fortgehenden Erkaltung keine andere Ursache der Unregelmäßigkeit, als die etwa aus der Fehlerhaftigkeit der Thermometer-Eintheilung und der Beobachtungen selbst entstehen konnte; daher war auch dieser ihr Gang regelmäßiger. Ich setze deßwegen im allgemeinen mehr Vertrauen auf die Beobachtungen der Erkaltung, als auf die der Erwärmung des Thermometers.

Ferner sieht man, daß das Therm. im Ballon durch die Wirkung der Wachslichter innerhalb 1123 Sec. von 9° bis 17°, und das ausser dem Ballon unter sonst vollkommen gleichen Umständen innerhalb 911″ von 9° bis 22°, folglich um 5° höher stieg.

Aus der Vergleichung der Zeiten, während deren das Therm. in und ausser dem Ballon zu gleicher Temperatur stieg, fand ich, daß das Therm. zu einem Vorrücken von 8° ausserhalb des Ballons 409″ und im Ballon 1123″ nöthig hatte. Diese

erste Beobachtung zeigt bereits, daß die Wände des Ballons ungefähr $\frac{2}{3}$ der Menge von Wärme, die die Spiegel zurükwarfen, auffiengen. Betrachtet man ferner auch den Gang der Erkaltung des Thermometers in der freyen Luft und im Ballon, so wird man finden, daß das Therm., um von 17° auf 11° herabzufallen, im Ballon 733″ und in der freyen Luft nur 388″ nöthig hatte; folglich war die Erkaltung im leztern Fall beynahe um die Hälfte schneller als im ersten. Wenn nun das Therm. mit diesem Drittheil Wärme, das bey dem Versuch der Erwärmung die Wände des Ballons durchdrang, in der freyen Luft erwärmt worden wäre, so würde die erkältende Kraft der freyen Luft noch ungefähr die Hälfte dieser Menge aufgezehrt, und für das Therm. unwirksam gemacht haben; hieraus läßt sich meines Erachtens schliessen, daß die Wände des Ballons ungefähr $\frac{5}{6}$ des erwärmenden Ausflusses auffiengen, der ohne dieses auf das Therm. zugeströmt wäre. Wenn gleich diese Berechnung, die nur beynahe wahr ist, um mehrerer Einfachheit willen auf der Voraussezung beruht, daß die Zeiten, während deren ein und ebenderselbe Körper eine und ebendieselbe Temperatur erhielte, der Intensität der erwärmenden Ursache proportional seyen (was aber, besonders beym Anfang und Ende der Erwärmung, nicht in aller Strenge wahr ist); so glaube ich doch nicht, daß in diesem besondern Fall der Fehler, der aus die-

ser

ſer Vorausſezung entſtehen mag, in Betrachtung gezogen zu werden verdient.

§. 87.

Nach dieſen vorläufigen Verſuchen über die Wirkung der Wände des Ballons war mein erſtes Geſchäft, zu unterſuchen, welches der mittlere Grad von Erwärmung ſey, den die Luft im Ballon durch den zu Erwärmung des Thermometers angewandten Apparat erhalte. Zwey Urſachen wirkten auf die Erwärmung der Luft: 1) die durch[illegible]; 2) die im Thermometer angehäufte Wärme, die aus dieſem ausfloß, und in der Luft ſich verbreitete. Thermometer, die ich an verſchiedenen Orten im Innern des Ballons angebracht hätte, würden mir dieſe mittlere Temperatur angezeigt haben; aber dieſe Vorrichtung hätte den Apparat verwickelter gemacht, und zudem zeigte ſich ein einfacheres Mittel, mich zu dieſem Zweck zu führen, nemlich die manometriſche Wirkung der Wärme auf die Luft, oder die Vergröſſerung ihres Volumens während des Verſuchs. Es erhellt aus der Beſchreibung meines Apparats, wie ich dieſe Ausdehnung bis auf tauſend Theile des ganzen Volumens beobachten konnte; um nun hieraus auf die Wärme der Luft zu ſchlieſſen, brauchte ich nicht ſelbſt unmittelbare Verſuche über dieſen Gegenſtand anzuſtellen, ſondern konnte die von andern Phyſikern gefundene Verhältniſſe benutzen. Unter allen, die ſich mit dieſem Gegenſtand beſonders beſchäftigten, ſchien

 mir

mir General Roy das grösste Zutrauen zu verdienen; in seiner schönen Abhandlung über die Höhenmessungen mit dem Barometer, die in die philosophische Transactionen der königlichen Gesellschaft zu London vom Jahr 1777. eingerükt ist, trägt er Versuche vor, aus denen er den Schluß zieht, daß bey der Temperatur zwischen dem 52sten und 62sten Grad der Fahrenheitischen oder zwischen + $8\frac{8}{9}$ und + $13\frac{3}{9}$ Grad der 80theiligen Skale die mittlere Ausdehnung der atmosphärischen Luft 0,0026 ihres Volumens für jeden Grad der Veränderung der Temperatur nach dem Fahrenheitischen Thermometer ausmache; dieses Resultat auf die 80theilige Skale übergetragen, gibt 0,00585 für die Ausdehnung auf einen Grad derselben, denn diese verhalten sich zu den Fahrenheitischen, wie $2\frac{1}{4}$ zu 1. *)

Nun

*) Herr Trembley gibt in seiner Abhandlung über die Höhenmessungen mit dem Barometer, die dem vierten Theil der de Saussürischen Reisen durch die Alpen angehängt ist, ein nur wenig von dem obigen abweichendes Verhältniß an, nemlich $\frac{1}{192}$ oder 0,00521 für die Ausdehnung des Volumens der gemeinen Luft auf einen Grad der 80theiligen Skale. Diese Zahl kommt ohne Zweifel der Wahrheit am nächsten, wenn man sie, so wie Herr Trembley thut, als den mittlern Coefficieneen der Resultate ansieht, in die eine Menge verschiedener Umstände und noch überdieß Fehler einfliessen, die (wie ich anderswo zeigen will) mit der Schätzung der Temperatur der Luft unzertrenn-

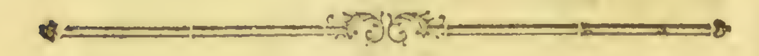
Nun betrug die mittlere Ausdehnung der Luft in 3 Versuchen, deren mittlere Dauer 32 Minuten war, 0,01490 des Ganzen, folglich gibt dieß nach dem oben angezeigten Verhältniß 2°,5 für die Erwärmung des Ballons während dieser Versuche; in diesem betrug die mittlere Höhe, zu der das im Mittelpunct dieser Luftmasse stehende Therm. stieg, 11°,8, und zu Anfang des Versuchs war es zwischen 8° und 9° gestanden.

§. 88.

Man sieht hieraus, mit welchem Vortheil der Apparat des Ballons noch zu vielen andern manometrischen Versuchen gebraucht werden kan, da man durch ihn die mit der jedesmaligen Veränderung der Temperatur der eingeschlossenen Luftmasse im Verhältniß stehende Ausdehnung derselben mit der größten Genauigkeit beobachten kann. Das Hygrometer würde immer den Zustand der zum Versuch gebrauchten Luft in Rüksicht auf ihre wässerigten Dünste anzeigen, und der Apparat vermöge seiner natürlichen Einrichtung die eingeschlossene Luft beständig auf eben den

trennlich verbunden sind. Dem ungeachtet schien mir dieses Verhältniß der Ausdehnung in diesem besondern Fall keinen Vorzug vor dem zu verdienen, das General Roy aus unmittelbaren Versuchen ableitet, die mir um so tauglicher scheinen, da sie auf die Grade der Wärme eingeschränkt sind, die noch weit von denen abstehen, wo sich das Wasser in elastische Dünste verwandelt, die das Volumen der Luft ändern.

den Grad zusammengedrückt erhalten, als die umgebende atmosphärische Luft zusammengedrückt ist; dieser lezten Umstand sehe ich als besonders vortheilhaft an, da er bey keinem der mir bekannten manometrischen Apparate statt findet. Diese Versuche beschäftigen mich schon seit langer Zeit in der besondern Rücksicht, um die Höhenmessungen mit dem Barometer zu vervollkommnen.



Sechstes Kapitel.

Versuche in der trockenen — in der feuchten — in der mit Aether-Dunst — in der mit electrischer Flüssigkeit angefüllten Leere.

§. 89.

Ehe ich den Durchgang des Feuers durch luftförmige Flüssigkeiten untersuchte, mußte ich vorher seine Wirkung im luftleeren Raum beobachten, und dann erst konnte ich auf die Versuche übergehen, bey denen es durch die wässerichten oder andere elastischen Dünste, womit der luftleere Raum angefüllt war, durchgeleitet wurde. Diese vorläufige Beobachtung der Modificationen des Feuers in den einfachsten Verbindungen würde es leichter machen, sie alsdann besonders zu bemerken, wenn mit diesen nicht eigentlich luftartigen flüssigen Wesen entweder atmosphärische Luft oder andere bleibend elastische Flüssigkeiten, die mehr oder weniger von jenen

nen Dünsten enthalten, verbunden würden. Die Versuche, die in diesem Bezug in dem luftleeren Raum angestellt wurden, machen den Gegenstand dieses Kapitels aus.

§. 90.

Zur Verdünnung der Luft im Ballon bediente ich mich zweyer verschiedenen Luftpumpen. Die eine war von beträchtlicher Grösse, und wirkte daher sehr schnell. Ich gebrauchte diese zuerst; aber ihre Einrichtung gewährte keine so starke Verdünnung der Luft, als ich zu erreichen wünschte. Ich nahm daher eine von den neuen Pumpen, die Hr. Hurter in London verfertiget. Diese Instrumente ersetzen das, was der Elastizität der lezten Luft-Portionen im Recipienten an Kraft abgeht, die Ventile zu heben, durch eine besondere und sehr sinnreiche Einrichtung, und helfen dadurch bis auf einen gewissen Grad dem Fehler ab, der eine beträchtliche Verdünnung der Luft bey den gewöhnlichen Luftpumpen unmöglich macht.

Doch konnte ich auch mit dieser Maschine die Verdünnung der Luft im Ballon nie über den Punct hinaus treiben, wo die Elastizität des zurückbleibenden Fluidums noch $1\frac{3}{10}$ Lin. Quecksilber in der Barometer-Probe das Gleichgewicht hielt. Diese Wirkung schreibe ich, wo nicht ganz, doch zur Hälfte, den wässerichten elastischen Dämpfen zu, die in dem Ballon zurückblieben. Um nun aber diesen Grad der Verdünnung zu erreichen, verfuhr ich fol-

genbermassen. Nachdem ich durch das gewöhnliche Mittel einen beträchtlichen Grad der Verdünnung erhalten hatte, erwärmte ich den Ballon, indem ich ihn einem hellen Feuer nahe brachte, bis das innere Therm. auf 40° stieg. In diesem Zustand stellte ich ihn unter die Luftpumpe, mit der ich so lange arbeiten ließ, bis die Barometer-Probe unveränderlich einen Plaz behauptete.

Es ist nicht zu zweifeln, daß auch bey dieser Verdünnung die wässerichten elastischen Dämpfe noch in zimlich grosser Menge vorhanden waren, denn das Hygrometer fiel bey diesen Umständen nie tiefer als bis etwa auf 13° über dem Punct der höchsten Trockenheit, den Herr de Saussure vermittelst des Laugensalzes findet, und an das untere Ende seines Hygrometers sezt; überdieß ist bekannt, daß diese elastischen Dämpfe unerschöpflich sind, und mit jeder Bewegung des Stempels entstehen und verschwinden. Doch konnte der leere Raum bey diesem Stand des Hygrometers als ganz trocken gegen den, der höchsten Feuchtigkeit nahe kommenden, Zustand, den ich als das Gegentheil gleichfalls zu beobachten im Sinn hatte, angesehen werden.

§. 91.

Die Verfahrungsart bey den Versuchen in der trockenen und feuchten Leere, die ich ausführlicher darlegen will, soll zum Beyspiel dienen, wie ich bey allen andern zu Werk gegangen bin; in der

Folge

Folge unterlasse ich eine Erzählung der Umstände, und gebe nur die gefundenen Verhältnisse.

Alle Versuche sind in meinem physikalischen Kabinet angestellt worden, wo niemals geheizt wird: es ist 21 Fuß lang, über 14 breit, und in der Mitte steht der Apparat. Die Wachslichter stellte ich nicht eher in den Brennpunct der Spiegel, bis sie zuvor einige Zeit gebrannt hatten, damit sie während des Versuchs so gleichförmig als möglich fortbrannten. Meinen Körper hielt ich während der Beobachtung immer in gleicher Entfernung vom Apparat, und fast alle Versuche wurden bey einer Temperatur von 6 bis 8 Graden angefangen.

In der folgenden Tabelle, den Versuch in der trockenen Leere betreffend, zeigt die mittlere Reihe die Grade des Thermometers, ihr zu beyden Seiten sind die Stunden, Minuten und Secunden aufgezeichnet, in denen das Quecksilber von einem Grad zum andern nach der auf der Röhre gezeichneten Abtheilung sowohl stieg als fiel, und die beyden äussersten Reihen zeigen die von einem Grad zum andern verflossenen Zeit-Unterschiede in Secunden an.

Stand der Instrumente.

	Vor dem Versuch.			Nach dem Versuch.		
	Th.	Hygr.	Pr.	Th.	Hygr.	Probe.
Im Ball.	6,2.	17.	1,4.	8.	17,0.	1,4.
Auss. d. B.	6,8.	84.	...	7,6.	80,0.	...

Erwärmung.					Erkaltung.			
Zeitunterschiede v. Gr zu Grad in Sec.	St.	M.	Sec.	Grade des Ther.	St.	M.	Sec.	Zeit-Unterschiede von Grad zu Gr. in Sec.
″	2.	31.	51.	7.				″
99.		33.	30.	8.	3.	43.	20.	507.
93.		35.	3.	9.		34.	53.	113.
100.		36.	43.	10.		29.	40.	250.
97.		38.	20.	11.		25.	30.	200.
97.		39.	57.	12.		22.	10.	158.
101.		41.	38.	13.		19.	52.	127.
96.		43.	14.	14.		17.	25.	115.
101.		44.	55.	15.		15.	30.	102.
135.		47.	10.	16.		13.	48.	90.
143.		49.	33.	17.		12.	18.	80.
167.		52.	20.	18.		10.	58.	68.
	d. Lichter brennen			schlecht				
190.		55.	30.	19.		9.	50.	65.
147.		57.	57.	20.		8.	45.	70.
153.	3.	0.	30.	21.		7.	35.	
345.		6.	15.	22.	Maximum.			
2064″ Dauer der Erwärmung.					Dauer d. Erklt. 2145″.			

§. 92.

Beobachtet man die Reihe der Unterschiede bey der Erwärmung, so sieht man gleich, daß die dort entstandene Unregelmäsigkeit dem ungleichförmigen Brennen der Wachslichter, wovon wir §. 86. geredt haben, zuzuschreiben sey. Die Räume vom 19ten bis 20sten und vom 20sten zum 21sten Grad durchlief das Thermometer in kürzerer Zeit als die beyden vorhergehenden, obgleich sie dem Maximum näher als diese waren, und das deßwegen, weil bey den lezten die Wachslichter besser brannten.

Man bemerkt ferner, daß der erste Zeit-Unterschied sowohl bey der Erwärmung als Erkaltung ein wenig grösser ist, als der unmittelbar nachfolgende; ich glaubte, das nemliche bey allen meinen Versuchen gefunden zu haben, und dieß kann man durch die Trägheit des Quecksilbers im Therm. erklären. *)

Summirt man bey beyden Versuchen die Zeiten, die von einem Grad zum andern verflossen, so sieht man, daß das Therm. 2064 Sec. brauchte, um von 7° bis auf 22° zu steigen, wo es sein Maximum erreicht hatte, und 2145 Sec., um von 21° auf 8° zu fallen.

Ich

*) Muschenbroeck beobachtete das nemliche bey seinen Pyrometern.

Ich erkläre hier ein für allemal, daß ich bey der Vergleichung der Resultate, die ich aus meinen Versuchen ziehe, immer die Zeiträume, die zunächst an der äussersten Gränze der Erwärmung und Erkaltung liegen, ausschliesse, weil hier der Gang des Thermometers so langsam ist, daß die Beobachtung nothwendig unrichtig werden muß.

§. 93.

Die Wiederholung dieses Versuchs in der feuchten Leere ließ ich so lang anstehen, bis die äusseren Umstände so gleich als möglich denen waren, die bey dem Versuch in der trockenen Leere statt gefunden hatten; die Wachslichter und alle andere Theile des Apparats waren die nemlichen, und die Wände des Ballons sowohl als sein innerer Raum in beyden Fällen gleich durchsichtig. Ich unterlasse, hier zu erzählen, wie ich die wässerichten Dämpfe in den Ballon brachte, und zu welchen Versuchen mir dieß Anlaß gab; alles dieß nebst den Phänomenen, die der Aether-Dunst bey eben diesen Umständen zeigte, soll der Gegenstand des nächsten Kapitels seyn.

Die Tafel, die sich auf den Versuch in der feuchten Leere bezieht, enthält zwey Reihen mehr als die vorhergehende; diese sind zur Beobachtung des Hygrometers bestimmt, dessen Veränderungen während des Versuchs in der feuchten Leere sehr merkwürdig sind, aber in der trocknen Leere nicht merklich waren.

Stand

Stand der Instrumente.

	Vor dem Versuch.			Nach dem Versuch.		
	Th.	Hygr.	Pr.	Th.	Hygr.	Pr.
Im Ball.	6,3.	94.	4,5.	8.	91.	4,5.
Auss. d. B.	6,5.	81.		7,5.	79.	

Erwärmung.				Erkaltung.		
Hyg.	Unt. v. Gr. zu Gr. in Sec.	St. M. S.	Grd.	St. M. S.	Unt. v. Gr. zu Gr. in Sec.	Hyg.
	"	2. 29. 8	7.		"	
93.	86.	30. 34	8.	3. 35. 50		91,0
92,5	74.	31. 48	9.	26. 5	585.	90,3
	64.	32. 52	10.	20. 55	310.	
91,2	64.	33. 56	11.	16. 52	243.	89,7
	82.	35. 18	12.	13. 35	197.	
91,3	97.	36. 55	13.	10. 44	171.	88,8
	99.	38. 34	14.	8. 34	130.	
	82.	39. 56	15.	6. 33	121.	88,3
90,1	103.	41. 30	16.	4. 40	113.	
	128.	43. 47	17.	3. 6	94.	88,0
89,1	238.	47. 45	18.	1. 42	82.	
88,8	205.	51. 10	19.	3. 0. 16	86.	87,8
	140.	53. 30	20.	2. 59. 16	60.	
87,5	270.	58. 0	21.	Maximum.		
	1782"	Dauer der Erwärm.		Dauer der Erkaltung = 2194"		

Der Gang der Erwärmung zeigt, wie man sieht, eben solche Unregelmäsigkeiten, als wir im vor=

vorhergehenden Versuch beobachtet haben; sie sind offenbar nur eine Folge des ungleichen Brennens der Wachslichter.

§. 94.

Der Unterschied der Feuchtigkeiten in den beyden Versuchen, die wir zu vergleichen haben, betrug 76 Grade des Hygrometers; im ersten Versuch zeigte das Hygr. 17 Grade, und beym Anfang des zweyten 93°. Diese in den Ballon geleitete Wasserdünste wirkten auf die Barometer-Probe mit einem Druck, der bey der mittlern Wärme des Versuchs einer Quecksilber-Säule von $3\frac{1}{10}$ Lin. das Gleichgewicht zu halten fähig war; denn ohne daß Luft in den Ballon gelassen wurde, stand die Probe beym zweyten Versuch auf 4°,5, und beym ersten nur auf 1°,4.

Der Gang des Hygrometers ist ungefähr der nemliche, den man nach den schönen Versuchen des Hrn. de Saussûre, und nach dem, was wir im 87sten §. von der mittlern Erwärmung des innern Theils des Ballons gefunden haben, voraussehen konnte.

Die folgende Tabelle gibt die Vergleichung der beyden Versuche.

Erwärmung.			Erkaltung.	
Trockene Leere.	Feuchte Leere.	Grd.	Trockene Leere.	Feuchte Leere.
"	"	7.	"	"
99.	86.	8.		
93.	74.	9.	507.	585.
100.	64.	10.	313.	310.
97.	64.	11.	250.	243.
97.	82.	12.	200.	197.
101.	97.	13.	158.	171.
96.	99.	14.	127.	130.
101.	82.	15.	115.	121.
135.	103.	16.	102.	113.
143.	128.	17.	90.	95.
167.	238.	18.	80.	84.
190.	205.	19.	68.	86.
147.	140.	20.	65.	60.
153.	270.	21.	70.	. . . .
345.	. . . .	22.		
2064.	1732.		2145.	2194 ganze Dauer.
1719.	1462.		1568.	1609 Sum̄. m. Ausschl. d. lezt. Zeitr.

§. 95.

Wir wollen zuerst den Gang des Therm. bey der Erwärmung betrachten. Das Maximum der Erwärmung war, wie man sieht, in der feuchten Leere 21°, und in der trockenen Leere 22°. Dieser Unterschied darf uns nicht wundern, denn es ist leicht

leicht zu begreiffen, daß die im Ballon zerstreuten wässerichten Dünste einen Theil der strahlenden (rayonnante) Wärme auffangen mußten; überdieß bildeten die, welche das Therm. umgaben, einen Körper, dessen spezifische Wärme grösser als die der trockenen Leere war, daher verschluckten sie mehr von dem Feuer, das auf das Therm. zuströmte, und liessen nicht zu, daß das Feuer im Therm. eine so grosse Spannung erhielt, als es in der reinen Leere erhalten haben würde.

Die schnellere Erwärmung, die in der feuchten Leere statt hatte, würde dieser Erklärung widersprechen, wenn man nicht diese mit allem Grund dem Unterschied im Brennen der Wachslichter zuschreiben könnte, wovon man unbezweifelte und ganz deutliche Wirkungen während der Erwärmung gesehen hat. Ich glaube mich um so mehr berechtiget, dieß zur Ursache anzunehmen, da ich bey einem vorhergehenden Versuch (19. Nov. 1785.) den ich über die trockene Leere anstellte, (den ich aber nicht zur Vergleichung mit dem über die feuchte Leere wählen wollte, weil die Verdünnung der Luft damals um $\frac{1}{2}$ Lin. unvollkommener war) das nemliche Maximum von 22° erhielt, und zwar in einem Zeitraum von 1700 oder von 1450 Sec., wenn man den Zeitraum unmittelbar vor dem Maximum ausschließt; diese Zahlen sind sehr nahe den bey dem Versuch mit der feuchten Leere gefundenen Zeiträumen von 1719″ bis 1462″ gleich.

§. 96.

Die Dauer der Erkaltung war in der feuchten Leere um 41″ oder ungefähr um $\frac{1}{38}$ grösser als in der trockenen, und doch hätten zwey Umstände sie in jener mehr als in dieser beschleunigen sollen. 1) War das Thermometer in jener nur auf 21° gestiegen, und in der trocknen Leere auf 22°. 2) War die ganze Dauer der Erwärmung in der trocknen Leere 2064″, und in der feuchten nur 1732″; demnach hätte sich im ersten Fall mehr Feuer entweder im Therm. oder im luftleeren Raum des Ballons oder in seinen Wänden anhäufen sollen, und doch gieng die Erkaltung des Therm. in der trockenen Leere schneller von statten als in der feuchten. Diesen Umstand erkläre ich so:

Eben die fortgepflanzte (propagée) Wärme, die vermöge der Verwandtschaft des Feuers gegen die Bestandtheile des Wassers sich mit diesen verbindet, und die strahlende (rayonnante) auf das Therm. zuströmende Wärme um so viel vermindert, erklärt meines Erachtens die Langsamkeit der Erkaltung; denn das in den Dämpfen zerstreute Feuer wird von diesen mit einer gewissen Kraft im Verhältniß ihrer Verwandtschaft zurückgehalten, folglich ist die Störung des Gleichgewichts zwischen dem Feuer im Therm. und in dem umgebenden Mittel um so viel geringer, und die Erkaltung dieses Therm. um so viel langsamer. *)

§. 97.

*) Herr Benjamin Thompson, der eine Reihe von Versuchen über die Leitungskraft des luftleeren Raums,

§. 97.

Nachdem ich auf diese Art den Einfluß der wässerichten Dünste im luftleeren Raum auf die Er- [illegible] kal- [illegible] und der trocknen und feuchten Luft ausstellte, fand, (Transact. Philos. 1786. 2de Part.) so wie ich, daß der luftleere Raum nicht so gut als die Luft, dagegen aber, daß die feuchte Luft besser als die trockene leite. Dieß leztere Resultat überraschte mich äussersst, ich fand aber bald die Ursache davon in der Verfahrungsart des Verfassers bey seinen Versuchen. Sein Apparat bestand in einem Therm., das in eine Glaskugel von sehr grossem Durchmesser eingeschlossen war; den ganzen Apparat tauchte er abwechslungsweise in Eis und siedendes Wasser, und beobachtete dann die Zeiten der Erwärmung und Erkaltung des Therm. er befeuchtete also bey den Versuchen über die feuchte Luft diese dadurch, daß er die Kugel, die das Therm. in sich faßte, innwendig befeuchtete. (Surrounded by air rendered as moist as possible by wetting the inside of the cylinder and globe with water.)

Man sieht leicht ein, daß sich dieses Wasser durch die Wärme des siedenden Wassers plözlich in elastische Dämpfe verwandlen, mit der Stärke, die diese vermischte Flüssigkeit unter solchen Umständen bekanntlich äussert, auf das Therm. zuströmen, und in ihm die Ausdünstungs-Wärme, die es an der innern Wand des Glases erhalten hatte, absetzen mußte. Die Umstände des Versuchs sind also in diesem Fall nicht mehr die nemlichen, und alle, die die vortrefliche Abhandlung des Hrn. Thompsons lesen, werden sehen, daß, so oft bey seinen Versuchen die Grade der Wärme um ein beträcht-

liches

faltung des Thermometers in ihrer Mitte untersucht hatte, wollte ich auch die Wirkung der Dünste des Vitriol-Aethers, den man als eine Substanz oelichter Natur ansehen kann, durch Versuche kennen lernen. Das folgende Kapitel wird umständlich zeigen, wie diese Dünste in den Ballon geleitet wurden, und was für Phänomene sich dabey ereigneten; für jezt will ich nur bemerken, daß ich es nicht dahin bringen konnte, daß der luftleere Raum zugleich trocken und mit Aetherdünsten angefüllt war, denn das Wasser, das bey dem Aether, so rectificirt er auch seyn mag, immer einen Bestandtheil ausmacht, tratt mit ihm in den Ballon.

In der folgenden Tabelle, die diesen Versuch betrift, sieht man, daß der Gang der Erwärmung sehr unregelmäsig war; man kann dieß vielleicht zum Theil der Unrichtigkeit der Lichter, zum Theil der Unvollkommenheit der Beobachtung zuschreiben. Der Aetherdunst lößte den Firniß, mit dem die Abtheilung auf die Röhre des Therm. gezeichnet war, auf, und dehnte ihn aus, wodurch eine genaue Beobachtung unmöglich gemacht wurde; ich vermuthe daher, daß sich zwischen dem 11ten und 12ten Grad des Therm. ein Fehler von einer Minute eingeschlichen habe. Der Gang des Hygrometers scheint dem sehr nahe zu kommen, den wir in der blos feuchten

liches unter der Wärme des siedenden Wassers waren, seine Resultate immer mit den Meinigen übereinstimmen, und gleichfalls beweisen, daß die feuchte Luft ein schlechterer Leiter des Feuers sey als die trockene.

Leere beobachteten. Die Höhe der Barometerprobe zeigt die Elasticität der Aetherdünste, von denen jene einzig und allein bewirkt wurde, denn es drang keine Luft in den Ballon.

Stand der Instrumente.

	Vor dem Versuch. Th.	Hygr.	Pr.	Nach dem Versuch. Th.	Hygr.	Pr.
Im Ball.	8,4.	96.	11,5.	9.	96.	11,6.
Auss. d. B.	8,5.	80.	...	9.	79.	

Erwärmung. Hygr.	Unterschied von Gr. zu Gr. in Sec.	Grade.	Erkaltung. Unterschied von Gr. zu Gr. in Sec.	Hygr.
	″		″	
96.	83.	8,4.		
95.	87.	9.		
94,5.	98.	10.	480.	95.
94,2.	67.	11.	305.	94.
93,8.	122.	12.	305.	93,5.
93,7.	95.	13.	185.	92,9.
93,3.	85.	14.	165.	92,6.
93,2.	133.	15.	136.	92,2.
92,8.	134.	16.	135.	92,1.
92,5.	176.	17.	111.	91,8.
92,0.	180.	18.	83.	91,5.
91,6.	159.	19.	75.	91,4.
91,5.	206.	20.	90.	61,0.
91,2.	175.	21.		
91.		$21\frac{1}{4}$.	Maximum.	

1800″ Dauer d. Erw. 2070″ Dauer d. Erk.

§. 98.

Um den Einfluß der Aether-Dünste zu bestimmen, müssen wir zwey Versuche vergleichen; den nach dem 93sten §. in der blos feuchten Leere angestellten, wo das Hygrom. 93 Grade zeigte, und den lezten, wo der luftleere Raum zugleich feucht und mit Aetherdünsten angefüllt war. Die Feuchtigkeit des luftleeren Raums war bey dem lezten Versuch etwas grösser als bey dem vorhergehenden; sonst waren alle Umstände gleich. Der Punct, von dem das Therm. ausgieng, war beym ersten 7° und bey diesem 8°,4. Wenn gleich dieß der wirkliche Stand beym Anfang des Versuchs war, so übergehe ich doch den ersten Zeitraum, um Reductionen zu vermeiden, und vergleiche nur die correspondirenden Grade.

Erwärmung.		Grade.	Erkaltung.	
blos feuchte Leere.	Feuchte mit Aeth Dünst. gefüllte Leere.		blos feuchte Leere.	Feuchte mit Aeth Dünst. gefüllte Leere.
"	"	9.	"	"
64.	87.	10.	310.	
64.	98.	11.	243.	480.
82.	67.	12.	197.	305.
97.	122.	13.	171.	305.
99.	95.	14.	130.	185.
82.	85.	15.	121.	165.
103.	133.	16.	113.	136.
128.	134.	17.	94.	135.
238.	176.	18.	84.	111.
205.	180.	19.	86.	83.
140.	159.	20.	60.	75.
270.	206.	21.	. . . .	90.
1572″.	1542″.		1609″.	2070″. ganze Dauer.
1392″.	1336.		1299.	1590. Summen mit Ausschluß der lezten Zeiträume.

Das Maximum scheint in beyden Versuchen bis auf $\frac{1}{4}$ Grad das nemliche zu seyn; aber in der That ist es doch in der mit Aether-Dünsten angefüllten Leere etwas niedriger, weil die Temperatur des Therm. zur Zeit, da es zu steigen anfieng, in diesem Versuch um etwa 2° höher war als in den vorhergehenden, weßwegen es einen kürzern Weg zu durch-

durchlauffen hatte. Die Dauer der Erwärmung ist bis auf ein weniges in beyden Versuchen gleich; wir werden aber aus dem Unterschied der Dauer der Erkaltung sehen, daß diese Gleichheit wahrscheinlich daher rührt, weil zwey einander entgegengesezte Wirkungen sich gegenseitig aufhoben. Das strahlende Feuer pflanzte sich ohne Zweifel mit mehrerer Schwierigkeit durch den luftförmigen Aether auf das Therm. fort, und um dieser Ursache willen hätte in diesem Fall die Erwärmung langsamer als in den blos feuchten Dünsten von statten gehen sollen, hingegen hielt die geringere Leitungskraft der Aetherdünste das Feuer, das aus dem Thermometer in eben dem Verhältniß auszufliessen sich bestrebte, als es sich angehäuft hatte, sehr stark zurück.

Bey der Vergleichung der Erkaltung kann man die zwischen gleichen Graden des Therm. verflossenen Zeiträume einander nicht entgegensetzen, weil das Therm. im ersten Versuch einen um 2° weitern Weg machte als in dem zweyten. Vergleicht man aber die Summen, und schließt, wie gewöhnlich, den lezten Zeitraum aus, so findt man, daß die Erkaltung, die von ihrer höchsten Stuffe an gleich viele Grade in beyden Fällen durchlief, in der feuchten Leere 1299″, und in der feuchten mit Aetherdünsten angefüllten Leere 1590″ dauerte, das heißt, daß sie im lezten Fall um ungefähr $\frac{1}{4}$ langsamer von statten gieng.

Und gleichwohl ist dieser Unterschied so gering als möglich angenommen; denn er würde weit grösser ausfallen, wenn ich bey der Erkaltung in der blos feuchten Leere statt der Zahl 310″, die die Dauer der Erkaltung zwischen 9° und 10° ausdrückt, den wahren lezten Zeitraum, nemlich die Zahl 585″, welche die Dauer der Erkaltung zwischen 8° und 9° ausdrückt, als den lezten Zeitraum angenommen und ausgeschlossen hätte. Alsdann verhielte sich die Dauer der Erkaltung in der blos feuchten Leere zu der in der feuchten und zugleich mit Aetherdünsten angefüllten Leere, wie 1024 : 1590, das heißt, die Dauer der Erkaltung im lezten Fall würde dann ungefähr um die Hälfte der ganzen Dauer der Erkaltung in der blos feuchten Leere grösser seyn. Diesen ausserordentlichen Unterschied darf man ohne Zweifel nicht der grössern spezifischen Wärme der Aether-Dünste zuschreiben, sondern vielmehr ihrer geringern Leitungskraft. Die absolute Menge Feuer, die in den Ballon geleitet wurde, war bey beyden Versuchen ungefähr gleich, denn ihre ganze Dauer ist nur um 30″ verschieden, folglich läßt sich der Unterschied der Resultate aus der Menge des hineingeleiteten Feuers nicht erklären. Dieses Feuer ist wahrscheinlich nicht durch die Bande der Verwandtschaft in dem Aetherdunst zurückgehalten worden, denn die spezifische Wärme des Aethers ist nicht so groß als die des Wassers, und wahrscheinlich gilt das nemliche auch von den Aetherdünsten: daher vermuthe ich, daß der Aetherdunst

dunst hier als öhlichte Substanz wirke, und diese Substanzen sind bekanntlich sehr schlechte Wärmeleiter, und daß das Feuer deswegen langsamer aus dem Therm. ausfliesse, weil es sich nicht ohne Schwierigkeit in einem Dunst dieser Art fortpflanzt.

§. 99.

Ich hatte mir vorgenommen, nach diesen Versuchen über den Aetherdunst die Wirkung der geistigen Weingeist-Dünste auf die nemliche Art zu untersuchen; aber der Aetherdunst hatte den Firniß aller innern Theile meines Apparats so angegriffen, daß ich meine Versuche einstellen mußte, um das Verdorbene wieder herzustellen; das Haar-Hygrometer war mit dieser öhlichten Substanz ganz gesättiget, und hatte seine Empfindlichkeit verlohren, ich mußte also seine Stelle mit einem andern ersetzen. Weil ich nun sorgte, diese Unannehmlichkeiten möchten sich zum Theil auch bey denen Versuchen einstellen, die ich über die geistigen Dünste anzustellen im Sinn hatte, so unterließ ich sie, und gieng auf die Versuche mit der electrischen Flüssigkeit über, die noch überdieß mehr Reize und Neuheit für mich hatten.

§. 100.

Ich besitze eine vortrefliche Electrisir-Maschine, ihr Zylinder ist in der Glashütte des berühmten Parker zu London geblasen worden, hat im Umkreis 53 Zoll und in der Länge über 23. Das Glas ist sehr electrisch, und wann es gehörig zuge-

richtet und die Witterung günstig ist, erhalte ich am Ende des Conduktors in einer Entfernung von 15 Zoll noch zimlich dicke Funken.

Die Vorrichtung des Apparats war im Ganzen die nemliche wie in den vorhergehenden Versuchen. Der Ballon stand ungefähr um $2\frac{1}{2}$ Fuß vom Leiter der Electrisir-Maschine entfernt; dieser war mit dem messingenen Ring, womit der Hals des Ballons eingefaßt ist, durch einen Metall-Drath verbunden, wodurch die Electrizität in den Ballon geleitet wurde, das Brett aber, das den Ballon und die beyden Lichter trug, lag nicht auf dem Dreyfuß, wie fig. 2. zeigt, sondern auf einem isolirten Taburet mit hohen Füssen. War nun der Ballon luftleer und in dieser Verbindung mit der Maschine, so mußte er sich mit Electrizität anfüllen, so lang die Maschine bewegt wurde, oder so lang der Versuch der Erwärmung und Erkaltung dauerte.

§. 101.

Anfänglich versuchte ich, ob die Electrizität einige Wirkung auf die verschiedenen im Ballon eingeschlossenen Instrumente äusserte; ich electrisirte daher, ohne die Lichter anzuzünden. Die Instrumente standen wie folgt: das Therm. 9°,9; Hygrometer 12°,8; das Probe-Barometer 1,75; Electrometer o. Ich electrisirte 5 Minuten lang, ohne daß die Instrumente sich im mindesten bewegt zu haben schienen. Man wird sich ohne Zweifel wundern, daß das Electrometer, das doch sehr empfind-

pfindlich war, nicht aus einander gieng; wenn man aber bedenkt, daß der Ballon mit einer dicken Atmosphäre von positiver Electrizität von innen angefüllt und von aussen umgeben war, und daß das Instrument in dieser Atmosphäre nichts von seiner natürlichen Electrizität verlieren konnte, so wird die Verwunderung aufhören.

§. 102.

Bey den beyden folgenden Versuchen über die Erwärmung und Erkaltung electrisirte ich beym ersten den Apparat unaufhörlich, und beym zweyten gar nicht. Der Stand der Instrumente vor dem Versuch war: das Hygr. 13°; die Barometer-Probe 1, 85; das Therm. im Ballon + 9; Therm. im Zimmer 9, 5. Die Versuche selbst übergehe ich, und vergleiche nur ihre Resultate.

Erwärmung.				Erkaltung.			
Gr.	Zeiträume v. Gr. zu Grad in Sec.		Unterschied.	Gr.	Zeiträume v. Gr. zu Gr. in Sec.		Unterschied.
	electr. Leere.	nicht el. Leere.			electr. Leere.	nicht el. Leere.	
	″	″	″		″	″	
9.	85.			20.	...	105.	
10.	100.	135.	35.	19.	...	90.	
11.	90.	120.	30.	18.	...	10 5.	
12.	89.	110.	21.	17.	136.	120.	″
13.	94.	162.	68.	16.	129.	130.	1.
14.	92.	163.	71.	15.	180.	180.	0.
15.	115.	160.	45.	14.	215.	200.	15.
16.	152.	200.	48.	13.	154*	250.	
17.	...	175.		12.	566.	385.	
18.	...	215.		11.			
19.	...	375.					
20.							

§. 103.

Es ist sehr merkwürdig, daß die Erwärmung in der electrisirten Leere beynahe um $\frac{1}{3}$ schneller vor sich gieng, als in der nicht electrisirten; der Unterschied findt durch alle Grade auf eine ungezweifelte Art statt.

Dieser Umstand wird noch auffallender, wenn man bedenkt, daß die Erwärmung mit so schnellen Schritten zunahm, ungeachtet die Lichter, bey dem Versuch mit der electrisirten Leere, offenbar von ge-

ringe-

ringerer Wirksamkeit waren als bey dem andern Versuch; denn die Electrizität, die durch die Lichter strömte, machte ihre Flamme unstät, und sie brannten sehr schlecht; obgleich aber die Erwärmung in der electrisirten Leere schneller von statten gieng, so hatte sie doch hier eine geringere absolute Wirksamkeit, denn das Therm. stieg nur auf 17° $\frac{1}{2}$ hingegen in der reinen Leere auf 20°. Diese Erscheinung würde sich erklären lassen, wenn man annähme, daß das Electrisiren eine gewisse Wärme hervorbringe, die verbunden mit der Wärme der Lichter dieser ihre Wirkung bis auf einen gewissen Punct erhebe, hingegen durch das unvollkommene Brennen der Lichter verhindert worden sey, ein höheres Maximum zu erreichen.

Was den Gang der Erkaltung betrift, so schien die mit einem Sternlein bezeichnete Beobachtung unrichtig zu seyn; eben so wenig darf man den ersten Grad der Erkaltung von 17° auf 16 in der Reihe der electrisirten Leere mit dem übereinstimmenden in der andern vergleichen, weil dieser erste Schritt immer langsamer ist, indem das Feuer bey der veränderten Richtung seines Gangs eine Art von Stockung erleidet. Endlich muß man den lezten Zeitraum der Erkaltung so wie bisher immer ausschliessen, und dann bleiben nur noch drey zu vergleichen übrig, die einen zimlich gleichen Gang zeigen.

§. 104.

Diese ersten Resultate liessen mich zu merkwürdige Erscheinungen vermuthen, als daß ich die Versuche nicht hätte wiederholen und verändern sollen. Ich nahm also den Versuch aufs bäldeste wieder vor, und verfuhr in jeder Rücksicht wie zuvor, nur mit dem einzigen Unterschied, daß ich dießmal die Lichter isolirte, indem ich sie auf eine Art grosser Credenz-Teller sezte, die mit einem Kopal-Firniß überzogen waren. Die Instrumente standen, wie folgt:

Das Thermometer + 9; die Barometer-Probe 1,85 Lin.; das Therm. im Zimmer 9°,5. Ich übergehe, wie beym vorhergehenden Versuch, eine weitläufige Beschreibung der Umstände, und gebe blos die Resultate.

Isolirte Lichter.

Erwärmung.

Gr.	Zeitr. von Grad zu Gr. in Sec. electr. Leere.	reine Leere.	Unterschied.
	"	"	"
9.	80.	105.	+ 25.
10.	120.	95.	— 25.
11.	100.	90.	— 10.
12.	85.	85.	0.
13.	80.	95.	+ 15.
14.	90.	95.	+ 5.
15.	105.	80.	— 25.
16.	118.	98.	— 20.
17.	122.	87. zweifelhaft.	— 35.
18.	150.	135.	— 15.
19.	205.	265.	+ 60.
20.	....	190.	
21.	....	220.	
22.	....	166.	
23.	....	274.	
24.			
	1050"	965"	
	Summen v. 9° bis 19°.		

Erkaltung.

Gr.	Zeitr. von Grad zu Gr. in Sec. electr. Leere.	reine Leere.	Unterschied.
	"	"	"
11.	360.	295.	— 65.
12.	215.	200.	+ 15.
13.	235.	170.	+ 65.
14.	188.	165.	+ 23.
15.	123.	110.	+ 13.
16.	108.	113.	— 5.
17.	99.	150.	— 51.
18.	82.	82.	0.
19.	105.	75.	+ 30.
20.	....	73.	
21.	....	57.	
22.	....	60.	
23.	....	78.	
24.			
	1410"	1285"	
	Summ. v. 11° auf 19°.		

§. 105.

§. 105.

Bey diesem Versuch mit den isolirten Lichtern bemerken wir nicht nur nicht den Unterschied, der sich zuvor in Absicht auf die Schnelligkeit der Erwärmung in der electrisirten und nicht electrisirten Leere gezeigt hatte, sondern es findt hier sogar das Gegentheil statt, neulich das Therm. durchlief in der reinen Leere den Weg von 9° auf 19 schneller als in der electrisirten Leere, und zwar im Verhältniß von 965″ zu 1050″.

Das Therm. stieg in der reinen Leere um 4° höher als in der electrisirten, und das war wohl vorauszusehen, weil die Lichter, ungeachtet sie isolirt waren, doch durch die starke electrische Atmosphäre verhindert wurden, während des Electrisirens eben so gut zu brennen, als da nicht electrisirt wurde. Vergleicht man die Zeiträume der Erkaltung mit einander, so scheint diese in der electrisirten Leere langsamer als in der reinen Leere von statten gegangen zu seyn, und zwar im Verhältniß von 1410″ zu 1285″ oder mit einem Unterschied von $\frac{1}{11}$. War dieß wohl eine Folge der Vereinigung der electrischen Flüssigkeit mit dem Feuer, das vielleicht jener ihr fortleitendes Fluidum wurde, und durch diese Verbindung eine grössere Intensität erhielt? Oder war es vielmehr eine Folge der geringen Leitungskraft der electrischen Materie gegen dem Feuer? Was es auch sey, so ist in jedem Fall die Unregelmäßigkeit des Gangs

der

der Erkaltung auffallend, und ich weiß nicht, welcher Ursache ich sie zuschreiben soll, denn sie ist zu groß, als daß sie auf die Unrichtigkeit des Beobachtens selbst geschoben werden könnte.

§. 106.

Um zu erfahren, ob diese neuen Resultate als eine Folge der Isolirung der Lichter angesehen werden müssen, mußte ich den Versuch mit den nemlichen Umständen wie zuvor wiederholen; es trat dabey nur der einzige Unterschied ein, daß ich neue Lichter nehmen mußte, weil die bisher gebrauchten verbrannt waren. Die übrigen Umstände waren die nemlichen; ich stellte die beyden Versuche über die Erwärmung und Erkaltung so an, daß ich anfänglich gar nicht, hernach unaufhörlich electrisirte. Die Resultate sind folgende. Die Instrumente zeigten: das Therm. 9,5; das Hygr. 15°; die Barometer-Probe 1,8.

Nicht isolirte Lichter.

Erwärmung.				Erkaltung.			
	Zeitr. von Grad zu Gr. in Sec.		Unterschied.		Zeitr. von Grad zu Gr. in Sec.		Unterschied.
Gr.	electr. Leere.	reine Leere.		Gr.	electr. Leere.	reine Leere.	
	''	''	''		''	''	''
10.	....	112.		12.	254.	255.	+ 1.
11.	....	88.		13.	197.	190.	— 7.
12.	80.	85.	+ 5.	14.	187.	180.	— 7.
13.	100.	93.	— 7.	15.	123.	123.	0.
14.	90.	107.	+ 17.	16.	119.	122.	+ 3.
15.	90.	115.	+ 25.	17.	97.	90.	— 7.
16.	100.	125.	+ 25.	18.	90.	95.	— 5.
17.	65.	107.	+ 42.	19.	81.	95.	+ 14.
18.	80.	123.	+ 43.	20.	89.	75.	— 14.
19.	115.	150.	+ 35.	21.	55.	65.	+ 10.
20.	115.	160.	+ 45.	22.	70.	60.	— 10.
21.	165.	120.	— 45.	23.			
22.	195.	165.	— 30.				
23.	180.	240.	+ 60.				
$23\frac{1}{4}$	1190''	1350''			1362''	1340''	
	Summ. v. 12° bis 23°.				Summ. v. 12° auf 23°.		

§. 107.

Wir finden hier ein Resultat von eben der Art, als das im ersten Versuch war, nur in einem kleinern

nern Verhältniß. Die Erwärmung nahm schneller zu, wenn man electrisirte, als wenn man nicht electrisirte, und zwar im Verhältniß von 1190'' zu 1350'', wenn man nemlich die lezten Zeiträume ausschließt, die den Unterschied noch mehr vergrössern würden. Das Maximum war in beyden Fällen das nemliche, nemlich $23°\frac{1}{4}$; übrigens war doch bey dem electrischen Versuch die Temperatur des Zimmers um einen Grad höher, welches einen Einfluß auf das Maximum haben mußte.

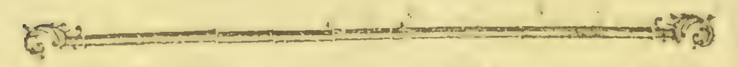
Der Gang der Erkaltung war zimlich gleichförmig und weniger unregelmäsig als beym Versuch des 105ten §. Man sieht daraus, daß, wenn nicht wirkliche Ursachen der Unregelmäsigkeit vorhanden sind, die Ungewißheit, die aus dem Beobachten selbst entspringt, in zimlich enge Gränzen eingeschränkt bleibt.

§. 108.

Wenn man es wagen wollte, aus den Resultaten, die diese sechs verglichenen Versuche darbieten, auf ihre Ursache zu schliessen, vorausgesezt, daß man die beobachteten Erscheinungen als richtig annimmt, nemlich, daß das Therm. sich schneller erwärme, wenn mit der Wirkung der nicht isolirten Lichter ein anhaltendes Electrisiren verbunden ist, und daß es langsamer in dem electrisirten Ballon erkalte, wann die Lichter isolirt sind, so würde man vielleicht diese Erscheinungen auf eine scheinbare Weise erklären können. Sind die Lichter nicht

isolirt, so strömt die Electrizität hauptsächlich der Lichtflamme zu, wo sie einen Ausfluß bildet. Dieser electrische Ausfluß vermischt sich mit den warmen und leuchtenden Ausflüssen des Lichts, und wird vielleicht mit diesen zum Theil zurükgeworfen, weil die Spiegel durch die umgebende electrische Atmosphäre gewissermassen isolirt sind; dieser electrische Ausfluß entwickelt vielleicht selbst Wärme, oder Licht, das Wärme zu erregen fähig ist.

Sind hingegen die Lichter isolirt, so erhält ihre Flamme nicht mehr Electrizität, als der übrige Apparat auch; sie umgibt blos unter der Gestalt einer electrischen Atmosphäre den Ballon, und da sie nicht in Strahlenform aus der Quelle des erwärmenden Ausflusses kommt, kann sie auch nicht in den Mittelpunkt des Ballons zurükgeworfen werden.



Siebentes Kapitel.

Verschiedene Versuche, die Ausdünstung und die Hygrometrie überhaupt betreffend.

§. 109.

Ich habe oben merkwürdiger Erscheinungen gedacht, die sich bey den Versuchen im luftleeren Raum gezeigt haben: hier ist nun der Ort, sie umständlicher vorzutragen. Sie betrafen größtentheils die Hygrometrie, und überzeugten mich von dem unschätz-

schäzbaren Werth des Haar-Hygrometers, womit Herr de Saussüre die Physiker beschenkt hat. Um meinen Lesern einen Begriff von den Vorzügen dieses Instruments zu geben, will ich zuerst einen Versuch erzählen, den ich mit dem Hygrometer, das ich in den Ballon zu stellen im Sinn hatte, vorläufig anstellte, um den Grad seiner Empfindlichkeit kennen zu lernen. Der Versuch war der: Ich trennte das Hygrom. von dem übrigen Apparat, und befeuchtete nach Hrn. de Saussürs Methode einen zylinderförmigen gläsernen Becher an seiner innern Fläche, damit das Hygr. so schnell als möglich abwechslungsweise der größten Feuchtigkeit und dem Grad der Trockenheit der Luft, in der der Versuch angestellt wurde, ausgesezt werden konnte.

Zuerst brachte ich das Hygr. unter den angefeuchteten Becher, wo es 100° oder die äusserste Feuchtigkeit zeigte, dann nahm ich plözlich diesen Becher weg, und beobachtete folgende Zeiträume, in denen der Zeiger des Hygr. von 5 zu 5 Graden fortlief:

Grade						
100	auf	95	in	4	Sec.
95	—	90	—	$4\frac{1}{2}$	"
90	—	85	—	$8\frac{1}{2}$	"
85	—	80	—	13	"
80	—	75	—	40	"

Im Ganzen von 100 bis 75 in 70 Sec.

 Man

Man sieht hieraus, daß das Instrument nicht viel über eine Minute brauchte, um von dem Grad der äussersten Feuchtigkeit auf den hygrometrischen Grad der Luft im Zimmer überzugehen, die in der That von 75° nur wenig abwich.

Nachdem das Hygr. auf diesem Grad stille stand, verschloß ich es plözich wieder unter den angefeuchteten Becher, und beobachtete folgende Zeiträume von 5 zu 5 Graden:

Grade.					
Von	75	auf 80	in	4	Sec.
	80	— 85	—	$4\frac{1}{2}$	=
	85	— 90	—	$5\frac{1}{2}$	=
	90	— 95	—	8	=
	95	— 100	—	38	=

Im Ganzen von 75 auf 100 in 60 Sec.

Diesemnach scheint das Haar schneller die Feuchtigkeit des auf den höchsten Grad befeuchteten Apparats, als die Trockenheit der freyen und ruhigen Luft anzunehmen; übrigens ist es doch in beyden Fällen sehr empfindlich. Freylich ist das wahr, daß unter allen denen, die ich zu meinen verschiedenen Versuchen brauchte, gerade dieses in ganz vorzüglichem Grad empfindlich war.

§. 110.

Die schönen Untersuchungen des Hrn. de Saussüre haben uns gelehrt, daß die Temperatur einen unmittelbaren Einfluß auf den Gang des Hygrometers habe, das heißt, daß, wenn ein gegebenes Volumen

lumen Luft, das mit einer gewissen Menge Wasser in Form elastischer Dünste geschwängert, aber nicht gesättiget ist, einen stärkern Grad von Kälte erhalte, das Hygrometer **nach einem gewissen** Verhältniß der Feuchtigkeit zu gehe, bis es den höchsten Punct erreicht habe, daß es alsdann stille stehe, wenn gleich die Erkaltung noch fortdaure, und daß das Wasser dagegen seine wahre Natur annehme, und sich als Thau an den benachbarten festen Körpern ansetze.

Der berühmte Verfasser erklärt diesen Gang sehr natürlich dadurch, daß die Gegenwart des Feuers die auflösende Kraft der Luft vermehre, und und seine Abwesenheit sie vermindere, und die Luft unfähiger mache, das Wasser dem Haar zu entziehen. Das Verhältniß des Vermögens der Luft und des Haars, das Wasser einander gegenseitig zu entziehen, verändert sich nach einem gewissen Gesez, je nachdem sie mehr oder weniger von dem Sättigungspunct entfernt sind. Die Phänomene und die aus diesen abgeleitete Theorie entwickelt der Verfasser aufs deutlichste in dem schon öfters angeführten Werk.

§. III.

Bey meinen ersten Versuchen in dem luftleeren Raum zeigte sich eine auffallende Abweichung von diesem allgemeinen Gesez; ich bemerkte, wie thätig und wirksam sich das Feuer bey der Ausdünstung zeige, wenn es nicht durch die Luft gehindert

ist, und mußte daraus den Schluß machen, daß es die einzige wirkende Kraft sey, die die Phänomene der Ausdünstung hervorbringe, und daß die Luft dabey nur wenig oder gar nicht beschäftiget sey. Das Phänomen, das mich zu diesem Gedanken veranlaßte, war folgendes:

Den 3ten Jenner 1786. war mein Ballon luftleer und mit Wasserdünsten gesättiget, so daß das Hygrom. bey einer Temperatur + 4°, welches die Temperatur des Zimmers, wo der Ballon stand, war, 98°, das heißt, die äusserste Feuchtigkeit zeigte, und noch sahe man an den innern Wänden des Ballons keinen Thau.

Ich brächte ihn dann in ein anderes Zimmer, wo das Therm. genau auf dem Gefrierpunct, also 4° tiefer als im ersten Zimmer stand; kaum war eine Minute verflossen, so erschien der Thau mit einigen zusammengeflossenen aber nicht gefrornen Tropfen; er sezte sich beständig an der Seite an, die dem nächsten Fenster gegenüber war: warum? werden wir nachher zeigen.

Wer sollte nun nicht glauben, daß das Hygrometer bey diesen Umständen auf dem Sättigungspunct unveränderlich stille stehen müßte? ich bemerkte aber mit Erstaunen das Gegentheil, und sahe es sehr schnell der Trockenheit zu gehen; nach 4 Min. zeigte es nur noch 91°, und das Therm. im Ballon war um 1° tiefer; das Hygr. fuhr fort, der Trockenheit zuzurücken, und zeigte nach einigen

Minu=

Minuten nur noch 89°. Nach 20 Min. aber, da das Therm. im Ballon auf 0 stand, fand ich das Hygrometer wieder auf 94°, und 5 Min. später auf $97°\frac{1}{2}$, wo es unveränderlich stehen blieb. Wir hatten also hier dem Ansehen nach einen Fall, wo das Hygr. gegen dem Trockenheitspunct desto mehr hinrückte, je stärker der Wasserdunst, in den es eingetaucht war, erkaltete. Die nemliche Erscheinung zeigte sich auch im umgekehrten Fall.

§. 112.

Jezt steht also das Therm. im Ballon auf 0; das Hygr. auf $97°\frac{1}{2}$, und der Thau hat sich an den innern Seitenwänden angelegt; das Ganze trage ich nun aus dieser Temperatur in ein Zimmer, wo das Therm. + 6 zeigt, und der Apparat wärmer wird.

Mit dem Augenblick, daß der Apparat in dieses Zimmer gebracht wird, steigt das Hygr. auf 99,3; oder, es geht dem Feuchtigkeitspunct zu, und hält sich hier so lang, bis der Thau, der sich innwendig im Ballon an einigen Orten angehängt hat, verdünstet ist. So wie diese Verdunstung geendigt ist, fangt das Hygrometer an, der Trockenheit zuzugehen, obgleich die Kugel des Therm. und alle Theile des Apparats im Mittelpunct des Ballons ringsum mit Thau bedeckt sind; nach und nach verschwindet dieser, und nach 3 Stunden stand das Therm. auf 7°, (nemlich auf der Temperatur des Zimmers, das sich um 1 Grad erwärmte) das Hy-

grometer auf 90°, und nun sahe man nirgends mehr Thau im Innern des Ballons. Wir haben hier also ein Hygrometer, das gegen der Feuchtigkeit zu rückt, wann der Ballon eine wärmere Temperatur erhält.

§. 113.

Diese sonderbare Erscheinungen lassen sich meines Erachtens so erklären.

Wir haben in dem mit Wasserdünsten gesättigten Ballon drey Körper, nemlich das Wasser, das Haar und das Feuer. Betrachten wir das Wasser, als den sich ganz leidend verhaltenden Theil, so streiten sich gleichsam das Feuer und das Haar um den Besiz der wässerichten Flüssigkeit; zudem besizt das Feuer, unabhängig von seiner hygrometrischen Verwandtschaft oder seines Zusammenhangs mit dem Wasser, noch eine Eigenschaft, die dem Haar abgeht, nemlich die, seinen Ort zu verändern, und sich immer dahin zu bewegen, wohin es sein Bestreben nach Gleichgewicht treibt, das heißt, von wärmern Gegenden in kältere; bey diesen Bewegungen reißt es das Wasser mit sich fort, mit dem es so lang verbunden ist, als dieses in elastische Dünste aufgelößt bleibt. Es ist sein fortleitendes Fluidum, um mich des sehr glücklich gewählten Ausdrucks des Herrn de Luc zu bedienen.

Wenn nun das Hygr. bey einer Temperatur von + 4° auf 98° steht, und man nirgends im

Ballon

Ballon Wasser in seinem natürlichen Zustand sieht, so zeigt dieß an, daß beyde, das Feuer und das Haar, so viel Wasser in sich fassen, als sie von ihm im Zustand des elastischen reinen Dunstes, wie ihn Hr. de Saussüre heißt, fassen können; denn nur wann das Wasser in diesem Zustand ist, das heißt wann es mit dem zur Verdünstung erforderlichen Feuer verbunden ist, durchdringt es das Haar nach den wirklichen hygrometrischen Modificationen. *) Das Feuer ist nun im Zustand der Ruhe und des Gleichgewichts, und zeigt kein Bestreben sich irgend wohin zu verbreiten, vorausgesezt, daß in und ausser dem Ballon einerley Temperatur statt hat. In dem Augenblick aber, da ich den ganzen Apparat in ein kälteres Zimmer bringe, wird das Gleichgewicht gestört, das Feuer bestrebt sich, es wieder herzustellen, und fließt augenblicklich aus dem Mittelpunct des Ballons nach aussen zu; es verläßt besonders das Haar, führt einen Theil der ela=

*) Herr de Luc hat vielleicht auf diesen Grundsaz der Hygrometrie nicht genug geachtet, da er den äussersten Punct der Feuchtigkeit seines Hygrom. im wirklichen Wasser und nicht in der mit Wasser gesättigten Luft gesucht hat; dasselbe ist nicht als Wasser, sondern als elastischer wässerichter Dunst mit der Luft oder überhaupt mit den luftförmigen Flüssigkeiten, die man durch das Hygrometer prüft, vereiniget, und wann die Luft Wasser in seinem natürlichen Zustand enthält, so regnet es oder gibt einen Nebel, und dann zeigt das Hygrometer nichts, als was man ohne dasselbe weiß und sieht.

elastischen wässerichten Dünste mit sich fort, und das Hygr. geht der Trockenheit zu, weil die Dünste, die es befeuchtet hatten, plözlich ausströmen. Das fortleitende Fluidum aber, das sowohl die im Haar als im Ballon enthaltenen Dünste mit sich schleppt, kann diese durch das Glas hindurch nicht mit sich nehmen, sondern sezt sie an der innern Fläche an allen Seiten ohne Unterschied ab, wenn nemlich in dem kalten Zimmer, wo man den Ballon hingebracht hat, keine Gegend kälter ist als die andere; ist es aber ausser dem Zimmer noch kälter als von innen, so sezt sich der Dunst an derjenigen Seite des Ballons an, die den Fenstern des Zimmers gegenüber ist. *) Ueberhaupt kann man durch die Annäherung irgend eines kalten Körpers die Erscheinung des Thaus an jeder Seite, wo man will, zuwegebringen, es glückte mir wirklich etlichemal, daß ich durch die Annäherung eines Stück Eises von aussen das Hygrometer im Mittelpunct des Ballons um einige Grade der Trockenheit näher brachte.

Nun stellt sich aber bald wieder das Gleichgewicht zwischen der hygrometrischen Kraft des Feuers und der des Haars in dieser neuen Temperatur her; das überflüssige Wasser hat sich in Gestalt des Thaus

*) Es fragt sich, ob nicht die Wirkung, die man bey Bestimmung der Seite des Gefässes, wo sich gewisse Salz-Vegetationen bilden, dem Licht zugeschrieben hat, mit mehr Recht dem nach obigem Beyspiel wirkenden Feuer zugeschrieben werden könne.

Thaus abgesezt, das übrige wird durch das Feuer verdünstet, und im Innern des Ballons gleichförmig verbreitet, das Haar verschluckt davon eine zwar geringere absolute, aber gleich grosse relative Menge, und gelangt nach und nach wieder zum Punct der höchsten Feuchtigkeit, oder doch nahe dazu hin.

Wann nun die Sachen so stehen, und der Apparat aus der kalten Temperatur in eine wärmere gebracht wird, so nimmt das Feuer einen dem vorigen entgegengesezten Weg; es strömt von aussen nach innen in den Ballon, begegnet unmittelbar nach seinem Durchgang durch das Glas dem Thau, der sich an den innern Wänden des Ballons angesezt hat, ladet ihn gleichsam auf, wird sein fortleitendes Fluidum, und bringt ihn beynahe in einem Augenblick in den Mittelpunct des Apparats, wo es ihn auf die Instrumente daselbst absezt, und sie durchdringt. Das Hygrometer steigt auf den Punct der höchsten Feuchtigkeit, wenn es noch nicht darauf war, und bleibt hier stehen, weil das Wasser, wenn es sich in seinem natürlichen Zustand oder als blasenförmiger Dunst auf das Haar absezt, das Hygrometer nicht afficirt. *) Endlich verdunstet die Menge Feuer, die in den Ballon strömt und sich in ihm anhäuft, nach und nach alles Wasser daselbst; man bemerkt nirgends mehr Thau, und das Hygrometer geht wieder zur Trockenheit

zu=

*) Was gleichfalls einer der grossen Vorzüge dieses Instruments ist.

zurück; es bleibt auf dem Grad stehen, wo die hygrometrischen Verwandtschaften des Feuers und des Haars im Gleichgewicht sind; dieser Grad aber verändert sich bekanntlich nach der Temperatur, oder nach dem, was ich Spannung des Feuers heisse.

§. 114.

Damit aber diese Erscheinungen mit einer solchen Genauigkeit, ich möchte sagen, Nettigkeit, sich ereignen, muß der Ballon luftleer und das Feuer ganz frey seyn, so daß es sich mit dem Wasser, das es mit sich führt, ohne Hinderniß fortbewegen kann; denn wenn es durch die Gegenwart der Luft gehindert, und gezwungen wird, sich durch dieses grobe Fluidum, das es nur mit Mühe durchdringt, hauptsächlich wann es mit dem Wasser verbunden elastische Dünste bildet, gleichsam durchzuarbeiten, so werden alle diese Phänomene unmerklicher, das Haar hat dann hinlängliche Zeit, in seinem hygrometrischen Gang ganz dem Gang des Feuers selbst zu folgen, und zeigt nicht mehr die oben beschriebene Erscheinungen.

§. 115.

Diese Phänomene zeigen sich um so auffallender, je grösser die absolute Menge des in Dünste aufgelösten Wassers im Ballon ist. Gleichwohl beobachtete ich sie noch bey einem Grad von Trockenheit, da das Hygrometer, bey einer Temperatur von — 1°, auf 18° stand. Ich näherte alsdann

dann den Ballon dem Feuer, das Hygrometer fieng an der Trockenheit zuzugehen, und nahm hierauf seinen wahren Stand wieder an, als das Gleichgewicht der Temperatur hergestellt war. Wenn aber die Veränderungen der Temperatur nur sehr langsam vor sich gehen, und der Grad der Feuchtigkeit in dem luftleeren Raum nur unbeträchtlich ist, so braucht das Hygr. zimlich lange Zeit, sich mit dem umgebenden Mittel wieder genau ins Gleichgewicht zu setzen. Es brauchte zum Beyspiel in dem lezten Fall wenigstens 12 Stunden dazu.

§. 116.

Ohngeachtet die Gegenwart der Luft die erstbeschriebenen Erscheinungen hindert und verzögert, so vernichtet sie selbige doch nicht ganz. Es erklärt sich daraus ein Umstand, den man ohne Zweifel schon vor mir beobachtet, aber, wie ich glaube, nicht befriedigend erklärt hat.

Die Höhlen und überhaupt alle Orte in einer gewissen Tiefe unter der Erde sind gewöhnlich im Winter trocken, und im Sommer sehr feucht. Diese Beobachtung, die nur wenige Local-Ausnahmen hat, wird nach dem, was ich eben dargethan habe, nicht mehr befremden.

Denn im Sommer ist die Atmosphäre wärmer als das Innere des Erdbodens; folglich breitet sich in dieser Jahrszeit das Feuer vermöge seines beständigen Strebens nach Gleichgewicht, in Verbindung mit dem Wasser, das es mit sich führt, von oben

nach

nach unten aus, und strömt in die ersten Schichten des Bodens ein. Hier sezt es das Wasser in eben dem Verhältniß ab, als es nach und nach tiefer in die Schichten eindringt, und sie je mehr und mehr kalt findet; diese schlucken also bis auf eine gewisse Tiefe Feuchtigkeit ein, und behalten sie so lange, bis die kalte Jahrszeit eine Veränderung in der Temperatur hervorbringt; alsdann strömt das Feuer aus dem Erdboden in die Luft zurük, und nimmt das Wasser, das es im Sommer abgesezt hatte, nach und nach wieder mit sich. Folglich wird man im Frühling die gröste Trockenheit und im Herbst die größte Feuchtigkeit in den Höhlen beobachten. Die natürliche Beschaffenheit des Bodens und die Tiefe der Höhlen werden freylich diese Resultate bis auf einen gewissen Grad verändern, aber niemals ganz aufheben.

§. 117.

Eine andere Thatsache, die ohne Zweifel schon mancher beobachtet hat, beweißt gleichfalls, wie wirksam sich das Feuer bey der Verdünstung zeige, wenn es nicht durch die Luft gehindert wird. Wenn Barometer, die wohl von Luft gereiniget sind, beträchtlichen Veränderungen der Temperatur ausgesezt werden, wenn man sie zum Beyspiel an ein Fenster bringt, wo die Sonne auf sie fällt, so bemerkt man oben in der Röhre, daß sich das Quecksilber erhebt, und sich in kleinen Tropfen in dem luftleeren Raum der Röhre ansezt; diese Tropfen wer-

werden nach und nach grösser, bis sie endlich um ihrer Schwere willen wieder auf die Quecksilber-Masse zurükfallen, aus der sie sich erhoben hatten. Diese Wirkung ist eine wahrhafte Destillation, die sich schon bey der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre ereignet. Hat gleich in diesem Fall das Feuer eine sehr geringe Dichtigkeit, so erhebt es doch das Quecksilber, das ungefähr 14mal schwerer ist als das Wasser, schleppt es wenigstens 2 Zoll hoch mit sich, und sezt es, wenn es vermöge seines Bestrebens nach Gleichgewicht gezwungen wird, das Glas zu durchdringen, an der kältern Seite ab, welches zur Sommerszeit gewöhnlich die dem Fenster entgegengesezte ist.

§. 118.

Diese Erscheinungen sowohl, als auch der Umstand bey der Destillation, daß sie im luftleeren Raum immer so leicht und schnell, und in der freyen Luft manchmal gar nicht, je nachdem der Apparat beschaffen ist, hervorgebracht werden kann, und noch manche andere ähnliche Beobachtungen haben mich von der Wirksamkeit des Feuers bey allem, was Ausdünstung betrift, so überzeugt, daß ich sehr geneigt bin, dasselbe als das einzige wirkende Wesen bey dieser Art von Phänomenen anzusehen, und die Vorstellungsart ganz zu verlassen, nach der die Luft als ein chymisch wirkendes, auflösendes Mittel betrachtet wird. Die sehr scheinbaren Gründe, die mein gelehrter Kollege in seiner Hygrometrie

zur Bestätigung dieser Vorstellungsart vorgebracht hat, nahmen mich lange für sie ein, da ich aber sahe, wie sehr die Theorie der Ausdünstung durch den Ausschluß der Luft als wirkendes Mittel betrachtet, an Einfachheit und Deutlichkeit gewinne, wie gar wohl alle Phänomene von der Wirksamkeit des Feuers abgeleitet werden können, und wie viel mehr Wahrscheinlichkeit diese Hypothese durch ihre Einfachheit erhalte; so ward ich, ich gestehe es gern, weit mehr für diese Vorstellungsart eingenommen. Ich werde daher in Erklärung dessen, was die Ausdünstung betrift, die Luft niemals für etwas anderes, als für ein, durch die Verwandtschaft des Zusammenhangs, blos physisch wirkendes Mittel ansehen können, so wie ich nemlich diesen Begriff in dem ersten Kapitel dieses Versuchs bestimmt habe.

§. 119.

Was ich bisher in diesem Kapitel vortrug, war nicht das Einzige, was ich bey den in den Ballon geleiteten Wasser- und Aether-Dünsten zu beobachten Gelegenheit hatte. Bisher berührte ich die manometrischen oder elastischen Wirkungen dieser Dünste nur im Vorbeygehen; sie erfordern aber eine besondere Darstellung, und verdienten durch eine Reihe von Versuchen ganz besonders untersucht zu werden, wozu man sich meines Apparats mit Vortheil würde bedienen können.

Man erinnert sich vielleicht, daß in meinem Apparat ein Elastizitäts-Zeiger oder ein kleines Heber-Barometer, das ich §. 76. beschrieben habe, angebracht ist, um dadurch entweder den Grad der Luft-Verdünnung im Ballon oder die Elastizität der hineingeleiteten Dünste zu erkennen. Die Neben-Röhre r. fig. 2. die §. 80. beschrieben wurde, diente mir, um bekannte Mengen einer dunstbaren Substanz in den Ballon zu leiten. Ich füllte die Substanz, Wasser zum Beyspiel, in eine sehr kleine Glasröhre, und sezte sie an die Stelle des grossen Hebers EE. Diese Röhre war an ihrem äussern Ende versiegelt, und an ihrem andern an den Neben-Hahnen r angeküttet, so daß sie innwendig seinen Schlüssel berührte. Wenn man folglich den Schlüssel drehte, wurde der Weg aus der kleinen Röhre in das Innere des Ballons geöfnet, und der Verdünstung der Flüssigkeit freyer Raum gelassen; vorher aber wurde diese Flüssigkeit samt der Röhre bis auf eine Genauigkeit von $\frac{1}{100}$ Gran gewogen.

Wenn nun die Flüssigkeit und die innern Wände der kleinen Röhre, die selbige enthielt, nicht unmittelbar vor ihrer Verbindung mit dem luftleeren Raum durch das Sieden von Luft gereiniget worden waren, so drang diese in eben dem Augenblick, da man den Hahn öfnete, in den Ballon, und das wegen der Elastizität der Luft, die in dieser Flüssigkeit zerstreut war, und durch das Gewicht der Atmosphäre nicht mehr zusammengedrückt wurde.

§. 120.

Aus obigem Versuch §. 94. erhellt, daß, da man in den Ballon so viele Wasserdünste leitete, als hinlänglich waren, das Hygrometer bey einer mittlern Temperatur von ungefähr 7 Graden von 17° auf 93°, das heißt um 76°, zu erhöhen, der Elastizitäts-Zeiger von 1,4 Linien auf 4,5, oder um $3\frac{1}{10}$ Lin. stieg; folglich brachten diese Wasserdünste ein elastisches Fluidum hervor, das bey der genannten Temperatur einer Quecksilbersäule von 3,1 Lin. das Gleichgewicht hielt.

Aber damit kannte ich die absolute Menge Wasser noch nicht, die bey einer gegebenen Temperatur eine gewisse manometrische Wirkung hervorbringt, oder einer gegebenen Quecksilber-Säule das Gleichgewicht hält; ich suchte dieß daher durch folgenden Versuch zu bestimmen.

Das Therm. zeigte die Temperatur von + 3,1, und das Hygr. im Ballon 17,3, folglich einen zimlich beträchtlichen Grad von Trockenheit; nun verband ich mit dem Neben-Hahn die kleine Glasröhre, die sehr genau $1\frac{1}{16}$ oder $\frac{17}{16}$ Gran Wasser enthielt, das ich in der Röhre selbst sieden ließ. Der Elastizitäts-Zeiger stand auf 1,45 Lin., und ich beobachtete folgendes:

St.

St.	M.	Sec.	Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.	
11.	44.	0.	17,0.	1,45.	3,1.	Der Neben-Hahn ward geöfnet, nachdem die noch laue Röhre an ihm befestiget war.
		40.	18,0.			
	46.	15.	19,0.			
12.	13.		29.	2,25.	3,3.	
	25.		39.	2,25.	3,5.	Der Hahn ward geschlossen, und die Röhre weggenommen, die ganz leer und feucht war.
	42.		48.	2,55.	3,0.	
1.	12.		56.	2,56.	3,6.	
1.	40.		58,3.	. . .	3,9.	
2.	28.		60,0.	. . .	3,5.	
5.	30.		60,7.	2,68.	4,2.	

§. 121.

Betrachtet man die ersten Resultate, so findt man

1) daß bey der mittlern Temperatur von ungefähr 3,2 Lin. und bey einer mäßigen Wärme der Röhre, die das Wasser enthielt, die $\frac{17}{16}$ Gran in ungefähr 40 Min. in den luftleeren Raum verdunstet waren.

2) Daß, nachdem die ganze Masse Wasser gleichförmig im Ballon verbreitet war, welches erst nach 6 Stunden statt fand, das Hygrometer von 17,3 auf

auf 60,2, das heißt um 43 Grad ungefähr, der Feuchtigkeit zu gieng.

3) Endlich, daß das durch die Vereinigung des Feuers mit dem Wasser erzeugte elastische Fluidum bey der Temperatur von 4, 2 Grad den Elastizitäts-Zeiger von 1, 45 Lin. auf 2,68 erhöhte, das heißt, es hielt in diesem Fall unveränderlich einer 1,23 Lin. hohen Quecksilber-Säule das Gleichgewicht. Diese Quecksilber-Säule macht $\frac{1}{263}$ von 27 Zoll aus, welches die mittlere Barometer-Höhe in Genf ist; nimmt man nun an, der elastische Dunst, der mit ihr im Gleichgewicht steht, sey gemeine Luft, und diese nehme bis an die äusserste Gränze ihrer Ausdehnung einen Raum ein, der im umgekehrten Verhältniß mit der sie zusammen drückenden Kraft stehe; so würde eine Menge Luft, die durch eine mit 27 Zoll Quecksilber im Gleichgewicht stehenden Atmosphäre zusammengedrückt würde, und deren Volumen $\frac{1}{263}$ von dem Volumen des Ballons ausmachte, in den Ballon geleitet, eben die Wirkung als die elastischen Dünste hervorbringen. Nun macht dieses Volumen 4,55 Cubikzoll aus, folglich würde das Volumen des in den Ballon geleiteten Dunstes eben so groß seyn, vorausgesezt, wenn er durch das Gewicht der Atmosphäre zusammengedrückt, und sein Volumen, bey sonst gleichen Umständen, im Verhältniß der drückenden Kraft kleiner würde.

Nun nehmen die $\frac{17}{16}$ Gran Wasser im Zustand der Flüssigkeit nur einen Raum von 0,0032 Cubikzollen

zollen ein: folglich erhält diese Masse Wasser bey ihrem Uebergang in den elastischen Zustand bey einer Temperatur, wie sie bey unserm Versuch war, ein 1422mal grösseres Volumen, wenn man annimmt, daß sie durch das Gewicht der Atmosphäre zusammen gedrückt werde: da nun aber hier wirklich dieser Druck nicht ganz, sondern nur $\frac{1}{263}$ davon statt findet, indem der Elastizitäts-Zeiger nur 1,23 Lin. zeigt, und da noch jenes Volumen den ganzen Raum des Ballons oder 1197 Cubikzoll einnimmt, so verhält sich bey diesen Umständen das Volumen des Wassers im flüssigen Zustand zu dem im elastischen Zustand wie die Einheit zu 374063.

Weil bey dieser Berechnung angenommen wird, daß dieses Fluidum bleibend-luftförmig und vollkommen elastisch sey, so kann sie auf wässerichte elastische Dünste ohne Zweifel nicht ganz, ja nicht einmal beynahe angewandt werden, weil der Gegendruck ihrer eigenen Elastizität ihre Erzeugung hindert, und man bald die Gränze erreicht, wo bey einer gegebenen Masse Wasser und einer gewissen Temperatur die Erzeugung der elastischen Dünste in verschlossenen luftleeren Gefässen aufhört.

Diese Gränze ist, so viel ich glaube, einerley mit der Gränze der hygrometrischen Sättigung, und wenn dieß ist, wenn nemlich das Feuer und das Haar zu gleicher Zeit aufhören, jenes, neues Wasser zu verdünsten, und dieses, weitere Dünste in sich zu schlucken, so gehört die Verdunstung ganz in die Classe hygrometrischer Phänomene; sie ist

das Resultat einer reinen hygrometrischen Verwandtschaft des Feuers und Wassers, und der Verwandtschaft des Haars vollkommen ähnlich; und dieß ist ein Grund mehr, diese Art der Verwandtschaft von der chymischen zu unterscheiden, mit der berühmte Physiker, wie ich oben sagte, sie verwechseln zu wollen geschienen haben.

§. 122.

Ich war sehr begierig, zu untersuchen, nach welchem Verhältniß die Bildung der wässerichten elastischen Dünste vor sich gehe, wenn bey einer gleichförmigen Temperatur gleiche Mengen Wasser wiederholt der Verdunstung ausgesezt würden. Ich leitete daher nach dem oben beschriebenen Verfahren zu den $\frac{17}{16}$ Gran noch andere $\frac{7}{16}$ Gran Wasser in den Ballon, daß also im Ganzen jezt $\frac{21}{16}$ Gran verdunstet waren, und beobachtete nach 8 Stunden, da die Instrumente sich festgesezt hatten, das

	Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
	72,5.	3,30.	4,2.
Zu diesen leitete ich noch $\frac{7}{16}$ Gran, und fand nach gleicher Zeit	80,4.	4,0.	4,3.

Ein Zufall führte Luft in den Ballon, weshalb ich durch wiederholten Beysaz neuer gleich grosser Quantitäten Wasser den Punct der Sättigung im luftleeren Raum bey dieser Temperatur nicht, wie ich im Sinn hatte, erreichen konnte; ich war, wie man sieht, noch um etwa 20 Grad davon entfernt, doch reichten diese Beobachtungen

hin,

hin, mir zu zeigen, daß die Fortschritte des Hygrometers auf eine ähnliche Art, wie es Hr. de Saussüre in der Luft beobachtet hatte, im Verhältniß mit dem wiederholten Beysaz gleich einer grosse Menge Feuchtigkeit immer langsamer wurden; das Gesez dieses Verhältnisses zu bestimmen, reichten diese wenigen Beobachtungen nicht hin, und zudem war dieß auch nicht meine Absicht. Aber so viel ist augenscheinlich, daß, da $\frac{17}{16}$ Gran den Stand des Hygrometers um 43° erhöhten, $\frac{7}{16}$ ihn ungefähr um 18° hätten erheben sollen, statt daß sie nur 11°,8 bewirkten; und daß, da diese $\frac{7}{16}$ ein Steigen um 11°,8 bewirkten, die beym dritten Versuch beygefügten $\frac{7}{16}$ das Hygrom. nur um 7,9° erhoben.

§. 123.

Hingegen schien die Elastizität der hingeleiteten Flüssigkeit im Verhältniß gegen der in Dünste aufgelösten Menge Wasser zu wachsen, und der Gang des Elastizitäts-Zeigers schneller zu werden. Diese Erscheinung machte mich bestürzt, und brachte mich auf den Verdacht, es möchte etwas Luft unvermerkt in den Ballon eingedrungen seyn; da aber der Elastizitäts-Zeiger 24 Stunden lang vollkommen unverändert den nemlichen Grad behielt, so verschwand dieser Verdacht, und ich war überzeugt, daß, da $\frac{17}{16}$ Gran Wasser, in elastische Dünste aufgelöst, die Probe von 1,45 Lin. bis 2,68 Lin., folglich um 1,23 Lin. erhoben, $\frac{24}{16}$ sie nur

 um

um 3,19 Lin. hätten erheben sollen, statt daß sie nach meiner Beobachtung 3,30 bewirkten; und daß endlich $\frac{31}{16}$ eine Veränderung von 4,0 machten, da sie nur ein Steigen um 3,69 hätten verursachen sollen. Betrachtet man nun diese drey Beobachtungen, denen meines Wissens an Genauigkeit nichts abgieng, mit Aufmerksamkeit, so wird man finden, daß sie einstimmig zeigen, daß die Elastizität der wässerichten Dünste, die durch wiederholten Beysaz einer gleich grossen Menge Wassers bey gleicher Temperatur in den luftleeren Raum geleitet werden, mit verhältnißmäßig schnelleren Schritten fortrückt. Daß die kleine Veränderung des Thermometers bey diesen drey Versuchen diese Erscheinung nicht habe bewirken können, wird man gleich sehen.

§. 124.

Zu gleicher Zeit machte ich einige Versuche über den Einfluß der Temperatur auf die Elastizität dieser Dünste, und fand, daß, während die Veränderungen der Temperatur sehr stark auf die Hygrometer wirkten, sie keine sehr merkliche Unterschiede in dem Elastizitäts-Zeiger hervorbrachten, daß aber doch diese mit der Menge des verdunsteten Wassers zunahmen. So fiel bey den ersten Versuchen, wo $\frac{17}{16}$ Gran verdunstetes Wasser im Ballon war, bey einer Erwärmung von 76 Grad das Hygrometer von 60,2 auf 47,5 oder um 12,7 Grad, und der Elastizitäts-Zeiger blieb beynahe unverändert. Bey den lezten Versuchen aber, wo $\frac{31}{16}$ Gran ver-

verdunstetes Wasser im Ballon waren, fiel, bey einer Erwärmung von 11,4 Grad, nemlich von 0° bis 11°,4, das Hygrometer von 92,3 auf 32,3, und der Elastizitäts-Zeiger stieg von 3,80 auf 4,15 Lin. oder um 0,35 Lin.

Es wäre noch ein Gegenstand sehr wichtiger Versuche, den correspondirenden Gang des Thermometers und des Elastizitäts-Zeigers oder des Manometers im luftleeren Raum, bey gleichförmig zunehmender Temperatur, in den Gränzen der atmosphärischen Wärme, zu beobachten, und zu gleicher Zeit durch das Hygr., verbunden mit dem Manometer, die beyden gleichzeitigen Wirkungen des Feuers zu untersuchen, nemlich die Zunahme seiner hygrometrischen Verwandtschaft mit dem Wasser im Verhältniß gegen die Zunahme seiner Dichtigkeit und gegen die Vermehrung der Elastizität, die es dem verdunsteten Wasser mittheilt, endlich für verschiedene Temperaturen zu bestimmen, wie groß in einem gegebenen luftleeren Raum die absolute Menge Wasser seyn müsse, um das Maximum der Verdunstung zu bewirken, oder um bis zu der Gränze zu gelangen, wo die Elastizität der schon verdunsteten Flüssigkeit durch ihren eigenen Druck die weitere Verdunstung verhindert: Jedoch für die Absicht, den Physikern nur einen neuen Weg zu zeigen, war ich bereits zu weitläufig über diesen Gegenstand, und auf der andern Seite sind der Versuche zu wenige, um ihn aufzuklären; ich werde

mich

mich daher künftig einmal mit dieser Untersuchung besonders beschäftigen.

§. 125.

Zum Schluß dieses Kapitels will ich noch der Phänomene erwähnen, die sich bey dem in den Ballon geleiteten Aether-Dünsten ereigneten. Es ward mir wegen der grossen Flüchtigkeit dieses Fluidums sehr schwer, den Aether so wie das Wasser zu wägen, ich begnügte mich daher, blos die Tropfen, die ich in die an den Neben-Hahn angekittete Glasröhre brachte, zu zählen. Ich nahm jedesmal 17, und diese drangen mit einer Art von Zischen in den Ballon, sobald ich den Hahn öfnete.

Die Instrumente standen vor dem Einströmen der 17 Tropfen Aether:

	das Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
	21,8.	1,50.	10,5.
6 Min. nachher stiegen sie auf = = =	27,0.	5,0.	10,8.

Nach 3 Minuten füllte ich zum zweytenmal 17 Tropfen in die Röhre, ließ den Hahn 3 Min. lang offen, und bey der Eröfnung zeigte sich das nemliche Zischen, und 2 Min. nachher, als ich den Hahn wieder geschlossen hatte, beobachtete ich

das Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
39,0.	8,5.	11,0.

Nach 7 Min. füllte ich zum drittenmal eben so viel ein, es zeigte sich das nemliche Phänomen, und

und das Hygrometer stand da auf 46°,5, und nach 5 Minuten beobachtete ich

	das Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
	69,0.	11,5.	11,0.
und eine halbe Stunde nachher . . .	84,0.	11,9.	11,2.

§. 126.

Man sieht erstlich aus dem Gang des Hygrometers, daß der Aether, ob ich ihn gleich mit firem Laugensalz zubereitet, und bey einer Temperatur von 42° im Marien-Bad sehr sorgfältig rectifizirt hatte, doch immer noch Wasser enthielt, von dem man ihn wahrscheinlich durch die gewöhnlichen Mittel unmöglich reinigen kann. Wir sehen, daß 51 Tropfen Aether das Hygrom. um 62,2 Grad dem Punct der höchsten Feuchtigkeit näher brachten; wüßte man nun genau das Gewicht des Aethers und das des reinen Wassers, das im luftleeren Raum bey einer gegebenen Temperatur die nemliche hygrometrische Wirkung hervorbringe, so gäbe dieß ein physikalisches Mittel ab, die in dem rectificirten Aether als Bestandtheil enthaltene Menge Wasser kennen zu lernen. Ferner zeigt der Gang des Elastizitäts-Zeigers, daß die 17 Tropfen Aether nach ihrer vollkommenen Verdunstung bey einer Temperatur von 11° das Quecksilber jedesmal um etwa $3\frac{3}{10}$ Lin. erhoben.

Die Elastizität scheint im Verhältniß gegen die in den Ballon geleitete Quantitäten Aether mit langsamern

samern Schritten zu wachsen; da aber diese nicht gewogen werden konnten, so ist der Versuch zu unvollkommen, als daß ich, so wie bey den Versuchen mit dem wässerichten Dunst, etwas Gewisses daraus zu schliessen wagen möchte.

§. 127.

Ich versuchte nun den Einfluß der Temperatur auf die Elastizität der Aetherdünste zu bestimmen. Die Instrumente zeigten

	das Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
	84.	11,9.	11,2.
Nun trug ich den Apparat in ein kälteres Zimmer, wo ich nach 40 Minuten beobachtete .	89.	10.	6,4.

Man sieht, daß eine Erkältung um 4°,8 unter diesen Umständen die Höhe des Elastizitäts-Zeigers um 1,9 Lin. verminderte; an den Wänden des Ballons sahe man etwas Thau, der aber aus Aether nicht aus Wasser zu bestehen schien, denn das Hygrometer zeigte nur 89°, und war also noch um 11° von seinem Sättigungspunct entfernt. Ich sezte alsdann den Apparat einer wärmern Temperatur aus, als diese gewesen war, und beobachtete

das Hygr.	Elast. Zeig.	Therm.
64.	13,1.	21,0.

Dieser lezte Versuch gibt uns ein auffallendes Resultat; ein Unterschied in der Temperatur von 11° bis 21° oder eine um 10° stärkere Wärme er-

höhte

erhöhte den Stand des Elastizitäts-Zeigers nur um 1,2 Lin., da doch bey der unmittelbar vorhergehenden Beobachtung vom 6ten bis zum 11ten Grad ein Unterschied von 4°,8 in der Temperatur, also eine um die Hälfte geringere Wärme als zuvor, einen Unterschied von 1,9 Lin. in ihm hevorgebracht hatte. Vielleicht rührt dieser Unterschied daher, daß der lezte Versuch in einer Temperatur angestellt wurde, die unzulänglich war, allen Aether in Dünste aufzulösen, und einen Theil des aufgelösten aus seinem elastischen Zustand in den flüssigen wieder überzugehen zwang. Es ist möglich, daß dieser Uebergang mit einer besondern Schnelligkeit durch eine Art von Sprung vor sich geht, und dadurch der regelmäßige Gang der Elastizität in Unordnung gebracht wird. Dieß wäre ein Leitfaden, der auf dem Weg der Untersuchung weiter führen könnte: übrigens wiederhole ich zum Besten derer, die sich damit zu beschäftigen etwa Lust haben mögen, daß der ätherische elastische Dunst die Unbequemlichkeit mit sich führt, daß er den Firniß der Instrumente, die zu seinen Untersuchungen gebraucht werden, angreift, und nach einiger Zeit selbst das Haar des Hygrometers in Unordnung bringt.

Achtes Kapitel.

Versuche über die Temperatur der Luft in verschiedenen Höhen — Merkwürdige Erscheinungen hiebey und Folgerungen daraus.

§. 128.

Die Untersuchungen, die dieses Kapitel enthält, sind 9 Jahre früher als die meisten andere in dieser Schrift angestellt worden, aber ihre unmittelbare Verbindung mit dem Gegenstand, den ich behandle, weist ihnen hier den natürlichsten Plaz an. Im Jahr 1779. theilte ich Hrn. de Luc die merkwürdigsten Phänomene mit, die mir meine damals neuere Versuche darboten, und er machte sie im 5ten Band seiner Geschichte der Erde, bekannt. Seitdem wurden sie von einem englischen Physiker Hrn. Six wiederholt, und seine Resultate sind mit den Meinigen übereinstimmend.

§. 129.

Lange habe ich mich mit der Vervollkommnung der Höhen-Messung durch das Barometer beschäftiget, und schon bey den ersten Schritten in dieser schwierigen Untersuchung nahm ich mit Verwunderung wahr, wie viele Quellen des Irrthums Herr de Luc bey dieser Methode zu verstopfen wußte; demungeachtet fand ich noch eine, deren Einfluß er mit aller angewandten Mühe nicht genau zu bestimmen vermochte, die auch ihrer Natur nach keine genaue Schäzung zuzulassen schien. Ich meyne, die

die Kenntniß der mittlern wahren Wärme der vertikalen Luftsäule, die zwischen zwey Standpuncten, wo man das Barometer beobachtet, eingeschlossen ist; denn es ist offenbar, daß wenn man, wie gewöhnlich geschieht, die Temperatur eines Thermometers 5 Fuß über der Erde auf der niedern Ebene und auf dem Berge beobachtet, man nicht sowohl die mittlere Wärme der ganzen über den untern Standpunct sich vertical erhebenden Luftsäule erhält, als vielmehr nur die mittlere Wärme der beyden Luftschichten, die sich in den beyden Standpuncten 5 Fuß über der Oberfläche der Erde befinden.

§. 130.

Wenn man durch die Erfahrung das Gesez finden könnte, nach welchem sich die Wärme in verschiedenen Höhen einer vertikalen Luftsäule vermindert, und dabey den Einfluß der Jahrszeiten und der Veränderungen, die durch die Gegenwart der Sonne, der Wolken, der Winde bewirkt werden, zu bestimmen wüßte, so würde man ohne Zweifel auf dem geradesten Wege zum Zweck gelangen, und der Wahrheit hinlänglich nahe kommen. Allein diese Beobachtungen sind nicht so einfach und leicht, als sie dem ersten Anblick nach scheinen. Stellt man sie auf dem Gipfel eines Bergs oder auf der Spize eines Thurms an, so werden sie immer durch die von dem Berg oder Thurm zurükgeworfene Wärme mehr oder weniger verändert werden, und niemals

mals genau die Temperatur der horizontalen Luft-Schichte anzeigen, worinnen sich diese Standpuncte befinden. Daher bleibt kein Mittel übrig; als entweder ein hinlänglich grosser Luftballon, um den Beobachter in die Höhe zu heben, und dieß läßt sich nicht leicht in Ausübung bringen: oder eine empor gerichtete hohe Stange, an deren Gipfel man ein Thermometer so aufhängen müßte, daß man es sehr schnell herablassen könnte, um seinen Stand zu beobachten; und das ist die Methode, deren ich mich bedient habe.

§. 131.

Anfänglich gebrauchte ich einen Mastbaum von 50 Fuß, und in der Folge einen andern von 75 Fuß Länge. Die ersten Versuche stellte ich in den Monaten August und Sept. 1778. an, und kam auf Spuren bisher unbemerkter Phänomene. Das Jahr darauf wiederholte ich die nemlichen Versuche mit bessern Werkzeugen und einem bequemern Apparat; und von deren ihrem Erfolg will ich nun Rechenschaft geben.

Der Mastbaum oder die Stange ward auf einer weiten Ebene aufgepflanzt, und durch starke Seile, die in schiefer Richtung auf die Erde herabgiengen, in seiner vertikalen Stellung erhalten. Oben an dem Mastbaum war ein horizontaler Arm von ungefähr 18 Zoll Länge angebracht, an dessen äusserstem Ende eine Rolle befestiget war, vermittelst deren man ein oder mehrere Thermometer mit

der

der größten Schnelligkeit hinaufziehen oder herab-lassen konnte; das obere Ende der Stange wurde matt geschwärzt, um alles Zurükwerfen der Wärme zu verhindern; dem Arm gab ich einerley Richtung mit der Ebene des Meridians, daß der Schatten der Stange in keinem Fall auf das Thermometer fallen konnte.

Ausser den Thermometern, die auf- und abgelassen wurden, brachte ich noch andere in verschiedenen Entfernungen von der Erde von 5 zu 6 Schuh bis auf 4 Lin. an, die durch einen sehr feinen vertikal gespannten Seidenfaden gehalten wurden. Eines von diesen hieng 2 Zoll von der Stange und 5 Fuß von der Erde entfernt. So wie sich die Sonne drehte, rückte ich dieses auf die Seite, daß es ihr immer gerad gegenüber, folglich immer im Schatten stand. Endlich habe ich auch eines auf die Erde gelegt und seine Kugel genau eingegraben; dieses sollte die Temperatur der Oberfläche des Bodens zeigen, während auf den andern der übereinstimmende Stand in der Luft beobachtet wurde.

Diese Thermometer sind sämtlich mit Quecksilber gefüllt, mit Genauigkeit verfertiget und unter sich übereinstimmend. Die Kugeln und der untere Theil der Röhre sind vollkommen isolirt und vor allem Einfluß der Futterale, die aus Zinn, Silber oder Elfenbein sind, freygestellt. Die Kugeln sind von mittelmäßiger Grösse, so daß die Thermometer in 6 bis 7 Minuten die Temperatur der ruhi-

ruhigen Luft, in die sie gesezt werden, annehmen. Ueberdieß hängte ich an die Spize der Stange das langsamste unter allen auf, damit ich versichert seyn konnte, daß es in den 5 bis 6 Sec., während es herabgelassen wird, keine merkliche Veränderung litte.

§. 132.

Meine Absicht war überhaupt, vermittelst dieses Apparats zu beobachten, welchen Veränderungen eine 75 Fuß hohe Luftsäule, die unmittelbar über der Erde aufstehe, ausgesezt sey; nach welchem Gesez sich die durch Sonnenschein hervorgebrachte Wärme während eines Tages bey ruhigem heiterm Wetter vermehre oder vermindere; ferner, welches der kälteste, welches der wärmste Augenblick des Tages sey? Welches die mittlere Wärme in 24 Stunden? Endlich, wie viel Einfluß Wolken, Nebel, Winde u. s. w. auf diese Resultate haben? Hauptsächlich aber suchte ich zu entdecken, ob ein beständiges Verhältniß zwischen den Temperaturen von 75 und 5 Fuß Höhe von der Erde statt finde, und, gesezt dieses Verhältniß zeigte sich veränderlich, von was Art diese Veränderungen seyen, und welche Perioden sie beobachten? Durch diese Resultate hofte ich dann die wahre Wärme einer vertikal stehenden Luftsäule nach jeder 5 Fuß über der Erde angestellten Beobachtung so nahe als möglich schäzen zu können. Hätte ich meine Beobachtungen in einer beträchtlich grösseren Höhe anstellen können,

so

so würde ich vielleicht, vermittelst zahlreicher Beobachtungen in dazwischen liegenden Erhöhungen, gefunden haben, nach welchem Verhältniß sich die Wärme in verschiedenen Höhen einer vertikalen Luftsäule vermindert; aber eine Luftsäule von 75 Fuß Höhe reichte zu diesen Untersuchungen nicht hin.

§. 133.

Oben an dem Mastbaum beobachtete die Zunahme und Abnahme der Wärme während eines Tages den gleichförmigsten Gang, und zwar so, daß, wie man bald sehen wird, die äussersten Grade der Wärme und Kälte zunächst an einander gränzten. Das 5 Fuß von der Erde im Schatten hangende Thermometer war unter allen dasjenige, das in seinem Gang dem um 70 Fuß höher der Sonne ausgesezten Therm. am nächsten kam; ja nicht nur ihr Gang war übereinstimmend, sondern auch ihre absolute Höhen zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags beynahe ganz gleich, obschon das eine in der Sonne, das andere im Schatten hieng.

§. 134.

Ich fieng gewöhnlich mit Tages-Anbruch an, diese Instrumente zu beobachten, und alle zeigten übereinstimmend eine Zunahme der Kälte, je mehr sich die Sonne ihrem Aufgang näherte. Der kälteste Augenblick war unmittelbar vor dem Aufgang, und nach diesem fiengen die Thermometer sogleich wieder an zu steigen; dieses Steigen dauerte, doch mit verschiedenen Schritten, bis gegen 3 Uhr Nachmittags,

mittags, wo man allgemein die größte Wärme fand. Das in die Oberfläche der Erde eingegrabene Thermometer zeigte alsdann zur Sommerszeit eine beträchtliche Wärme, ja ich sahe es an einem warmen Tage des Augusts auf 45° der Sotheiligen Skale. Die Winde änderten den gleichförmigen Gang der Therm. sehr, und an Tagen, da die Luft stürmisch war, war er immer oscillirend. Eine Wolke bedeckte die Sonne, und plözlich fielen die Therm. Nie war aber ihr Gang regelmäßiger als an den ruhigen gleichförmig trüben Tagen, die wir in unserer Gegend im Herbst häufig haben.

§. 135.

Alle diese Veränderungen waren leicht voraus zusehen. Die Resultate dieser Beobachtungen nebst ihrem Einfluß auf die barometrische Messungen sollen in einem andern Werk, das eigentlich diesem Gegenstand bestimmt seyn wird, weitläufiger auseinander gesezt werden; aber das folgende ganz unerwartete und auffallende Phänomen verdient hier einen Plaz.

Um eine deutliche Vorstellung davon zu geben, will ich ganz dem Gang der beyden Thermometer in der Höhe von 5 und 75 Fuß über der Erde folgen, den sie bey stiller und heiterer Witterung während 24 Stunden nahmen.

Des Morgens, ungefähr 2 oder $2\frac{1}{2}$ Stunden nach Aufgang der Sonne stehen beyde gleich hoch, und

und zeigen gleiche Temperatur, kleine Oscillationen ausgenommen, die durch zufällige Umstände verursacht wurden.

So wie sich die Sonne mehr und mehr erhebt, erwärmt sich das Therm. in 5 Fuß Höhe von der Erde mehr als das in 75 Fuß Höhe, und ihr größter Unterschied, der in dem wärmsten Augenblick des Tages statt hat, geht ungefähr bis auf 2° der 80theiligen Skale; um so viel steht das untere Thermometer höher als das obere.

Ist einmal das Maximum des Unterschieds vorüber, so nähern sich beyde Thermometer, und treffen einige Zeit vor Untergang der Sonne aufs neue zusammen; dann gehen sie auf eine der vorigen ganz entgegengesezte Art von einander ab, das untere hält sich niedriger als das obere, ihr Unterschied nimmt von dem Untergang der Sonne an schnell zu, und geht bis auf 2° und gegen das Ende der Dämmerung, manchmal drüber.

Dieser Unterschied bleibt die Nacht über der nemliche; wenigstens habe ich Ursache, dieß anzunehmen, da ich bey meiner lezten Beobachtung um 11 Uhr Nachts und bey meiner ersten bey Anbruch des folgenden Tages, das Thermometer in 5 Fuß Höhe beständig um 1 bis 2 Grade niedriger fand als das in der Höhe von 75 Fuß. Das nemliche Verhältniß behalten sie noch während der ganzen Morgendämmerung bey, und erst einige Zeit nach Aufgang der Sonne fangen sie wieder an sich zu

 nähern,

nähern, und ungefähr nach 2 Stunden erreichen und überfangen sie einander aufs neue.

Dieß ist der beständige Gang der beyden Thermometer in 5 und 75 Fuß Höhe von der Erde, wann das Wetter ruhig und heiter ist. Das nemliche findet in den verschiedenen Jahrszeiten statt, selbst der Winde und Wolken ungeachtet, wiewohl im lezten Fall weniger merklich; und nur in vollkommen und gleichförmig trüben Tagen, und wann heftige Winde wehen, oder dicke Wolken am Himmel sind, geschieht es, daß diese beyde um 70 Fuß von einander entfernte Thermometer den ganzen Tag über nur beynahe zusammentreffen.

§. 136.

Nicht ohne die äusserste Ueberraschung nahm ich am ersten Tag, da ich diese Beobachtungen anstellte, diesen besondern Gang der Wärme wahr. Bisher hatte ich geglaubt, und ohne Zweifel mancher Andere mit mir, die Kälte, die man des Abends empfindet, komme von oben herab; daher traute ich kaum meinen Augen, da ich das Thermom. in 75 Fuß Höhe um 2° höher fand, als das in 5 Fuß Höhe. Folglich, sagt' ich zu mir selbst, muß es der Boden seyn, woher diese Kälte kommt, und wirklich war auch das Therm. 4 Lin. hoch über der Erde für beständig noch tiefer als das in der Höhe von 5 Fuß; hingegen war das in die Oberfläche des Bodens hingegrabene viel höher, als jedes andere, und die Erde behielt einen beträchtlichen Theil der

Wär-

Wärme, den sie den Tag gesammelt hatte. Demnach stellte sie eine Art von Wärm-Pfanne vor, über der unmittelbar eine kühle Luftschichte lag, auf die dann eine wärmere folgte.

§. 137.

Man könnte vielleicht glauben, daß dieses Phänomen von Local-Ursachen oder besondern Ausdünstungen herrühren möchte; aber der Boden war nicht feucht, und da ich die nemlichen Versuche auf einer noch grösseren Ebene mit meinem Apparat anstellte, zeigte sich das nemliche Resultat; ich fand es auch auf dem Berge Mole auf einer ganz abgesondert stehenden Felsenspize in einer Höhe von mehr als 700 Toisen über der Meeresfläche.

§. 138.

Die Ursache dieses Phänomens glaube ich darin zu finden: Wenn das Feuer nicht durch die Bande der chymischen Verwandtschaft gefesselt ist, äussert es beständig ein Bestreben sich ins Gleichgewicht zu sezen; die Wahrheit dieses Sazes erhellet aus manchen Stellen dieser Schrift. Ist nun der Boden wärmer als die Luft, so muß das Feuer sich von unten gegen oben in dem Innern der Erde hinziehen; sobald es an die Oberfläche gelangt ist, wird es die unendlich dünne Wasserschichten, die den Boden an den Berührungspuncten der Luft und des Wassers befeuchten, nach und nach in Dünste verwandeln, und eine förmliche Ausdünstung verursachen.

 Nimmt

Nimmt man den Boden als kälter an als die Luft, so wird sich das Feuer von oben nach unten ziehen, aber immerhin wird die Ausdünstung an der Oberfläche der Erde statt finden. Man weiß, daß bey dieser besondern Verbindung des Feuers mit dem Wasser ein Theil freyes Feuer verschwindet, um Verdünstungs-Feuer, das heißt, unwirksames Feuer zu werden, und daß aus dieser Veränderung Kälte entspringt, wenn nicht andere Wärme erzeugende Ursachen das verschwundene Feuer genau wieder ersezen. In den beyden Dämmerungen und bey der Nacht kann diese Ersezung nicht vor sich gehen. Das freye Feuer umher äussert zwar sein Bestreben, das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, aber die Feuer-Menge, die sich in dieser Absicht von der Erde heraufzieht, wird an der Oberfläche des Bodens durch die Ausdünstung verwandelt, und die, welche in der Luft über der Erde schwebt, ist zum Theil mit dem verdunsteten Wasser verbunden, und kann nur durch eine starke Trennung des Gleichgewichts gegen die untere Gegenden getrieben werden; zudem hat das Feuer, wie wir oben gesehen haben, ein natürliches Bestreben, mehr aufwärts als niederwärts sich auszubreiten, neben dem, daß es auch von den obern Schichten angezogen wird; folglich strömt es nur in solch geringer Menge durch die Luft, die nicht hinlänglich ist, das durch die Ausdünstung gestörte Gleichgewicht der Temperatur in der untern Schichte wiederherzustellen; diese wird also kälter bleiben als der Boden und die

die obere Schichte, und das so lang, bis eine andere Wärme erregende Ursache den Abgang des an der Oberfläche der Erde verschwundenen Feuers ersezt haben wird.

§. 139.

So wie nun aber die Sonnenstrahlen auf die untere Schichten der Luft selbst und auf die Oberfläche des Erdbodens auffallen, so fangen sie auch an, ihre erwärmende Kraft zu äussern. In den ersten Augenblicken verursachen sie mehr Kälte als Wärme, vielleicht weil sie die Ausdünstung in einem grösseren Verhältniß vermehren, als sie das Feuer ersezen, das durch dieselbe verschluckt wird. Aber bald treffen sie in geraderer Richtung die Luft und den Boden, und vermehren die Wärme so weit, daß ungeachtet der ebenfalls zunehmenden Ausdünstung das freye Feuer sich nach einem grössern Verhältniß anhäuft, und die relative Wärme der untern Luftschichte grösser wird; bald erreichen dann diese und die obere Schichten bis auf die Höhe von 75 Schuh, bis wohin sich nemlich meine Versuche nur erstrecken, nach und nach die nemliche Temperatur, welche nach meinen Beobachtungen 2 oder $2\frac{1}{2}$ Stunden nach Aufgang der Sonne sich einfindet. In der Folge wird die Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Erde so groß, daß die untere Luftschichte, wo die Ausdünstung bisher immer noch fortdauerte, sich mehr als die obere erwärmt; und dieser Unterschied gieng, wie wir gesehen haben,

in dem wärmsten Augenblick des Tages bis auf 2 Grade.

Nach diesem Zeitpunct vermindert sich die Kraft der Sonnenstrahlen wieder, wodurch nach und nach ein Gleichgewicht zwischen der erkältenden Wirkung der Ausdünstung und der erwärmenden der äusserlichen Ursache entsteht, und in diesem Augenblick zeigen beyde Thermometer, das obere und das untere, abermals gleiche Temperatur. Kurz darauf werden die Sonnenstrahlen immer schiefer und weniger zahlreich, und reichen nimmer hin, die durch die Ausdünstung verursachte Kälte zu ersezen, und dann steht das untere Thermometer niedriger als das obere. Dieser Unterschied dauerte vermöge der Beobachtung so lang, bis die Sonne den folgenden Morgen wieder kam, um das Gleichgewicht aufs neue herzustellen, und ihre abwechslende Rolle, die ich eben beschrieben und zu erklären gesucht habe, wieder zu spielen.

§. 140.

Wäre auch meine Erklärung nicht ganz hinreichend, so bleibt doch die Thatsache wahr, und wenn man mit den Folgen, die aus ihr herfliessen, das, was man gegenwärtig von den dreyerley Zuständen oder Modificationen des Feuers im festen, flüssigen und verdunsteten Wasser weißt, verbindet, so wird eine befriedigende Erklärung der Phänomene des Thaues und Reifs nicht mehr so vielen Schwierigkeiten unterworfen seyn; aber die Entwiklung

dieser Ideen würde mich zu weit von meinem Zweck abführen, sie soll daher anderswo ihren Plaz finden.

§. 141.

Uebrigens kann ich doch zwey Erscheinungen nicht mit Stillschweigen übergehen, da sie in unmittelbarer Verbindung mit meinen Versuchen stehen.

Herr de Saussüre hat neben manchen andern Beleuchtungen, die ihm die Theorie der Ausdünstung in seinem schönen Werk über die Hygrometrie verdankt, auch den glücklichen Gedanken gehabt, die in der Luft schwebenden Dünste in drey Classen zu theilen, die er mit den Namen reine elastische (elastique pure), blasenförmige (vesiculaire) und tropfbare Dünste (vapeur concrete) bezeichnet; die erste Gattung ist unsichtbar in der Luft, die zweyte formirt kleine hohle Bläschen, die Wolken und Nebel bilden, und die dritte volle Tropfen oder gewöhnlichen Regen. Diese 3 Modificationen bilden sich nach der Beschaffenheit der Umstände. Aber hier fragt es sich, ob die relative Quantität Feuer, die diese Modificationen hervorbringen, immer gleich seyen? Und da das Wasser in seinem festen Zustand weniger Feuer als in seinem flüssigen enthält, und noch weniger in dem flüssigen als luftförmigen Zustand, ob es die nemliche Bewandtniß mit den blasenförmigen und reinen elastischen Dünsten habe, ob nemlich die Erzeugung jener

jener gleichfalls weniger Feuer als die Erzeugung dieser erfordern?

Herr de Saussüre nimmt mit Grund an, daß eben diese blasenförmige Dünste mehr Feuer enthalten als die tropfbaren, und führt zum Beweis die Regen zur Winterszeit an, welche die untere Atmosphäre merklich erwärmen, weil durch die Verwandlung der blasenförmigen Dünste in Wasser das hierdurch überflüssig gewordene Feuer empfindbar, und in Gesellschaft der Regentropfen auf die Erde geführt wird.

Aber hat das nemliche Phänomen auch bey dem Uebergang des Wassers von dem Zustand unsichtbarer elastischer Dünste in den Zustand der blasenförmigen statt? Dieß ist eine Frage, die blos die Erfahrung entscheiden kann, um es aber zu können, ist eine zufällige Zusammenkunft besonderer Umstände in der Atmosphäre erforderlich.

§. 142.

Zufälliger Weise ereignete sich dieß einmal, da ich eben Beobachtungen anstellte, und zwar den 18ten Octob. 1779. in der Morgendämmerung. Es zeigte sich einige Minuten lang ein Nebel an der Spize des Mastbaums, ohne sich bis auf die Erde ausgebreitet zu haben, und in dem Augenblick, da der Nebel in der Höhe erschien, stieg das Thermometer daselbst um $\frac{7}{10}$ eines Grades. Man wird von dieser Erscheinung einen deutlicheren Begrif erhalten, wenn man die folgende Tafel, die aus dem

dem Verzeichniß der Beobachtungen abgeschrieben ist, betrachtet

1779. 18. Oct. Morgens.	Therm. im Boden eingegrab.	Therm. 5 Fuß über der Erde.	Therm. 75 Fuß über der Erde.	Merkwürdige Umstände.
St. M.				
6. 20.	4, 8.	4, 2.	6, 0.	Zimlich hell, ruhig, leichter Nebel.
30.	4, 8.	4, 5.	6, 1.	Eben so.
40.	5, 0.	4, 3.	5, 3.	Ein wenig mehr Nebel.
50.	5, 0.	4, 2.	6, 0.	Nebel oben am Mast, aber nicht in der Tieffe.
7. 0.	5, 1.	4, 4.	5, 9.	Nebel durchaus, aber sehr schwach.
2.	. . .	. . .	. . .	Die Sonne geht auf, aber sehr blaß.
15.	5, 4.	4, 9.	5, 8.	Zerstreuter Nebel, schwache Sonne.
30.	5, 5.	5, 0.	6, 2.	Eben so.

Man sieht aus der Beobachtung des Gangs des Thermometers in 75 Fuß Höhe deutlich genug, daß die Erscheinung des Nebels bey der Spize des Masts eine plözliche Wärme verursachte.

§. 143.

Diese Wärme, die sich bey einem solchen Vorgang frey macht, und einige Zeit mit den blasen-

för-

förmigen Dünsten vermischt bleibt, erklärt bis auf einen gewissen Punct, warum die Kälte bey trübem Wetter nie so streng ist als bey heiterem. Wann bey heiterem Wetter das Gleichgewicht zwischen der Temperatur der untern und obern Luftschichten gestört wird, so verursacht diese Störung einen Feuerstrom, dessen Richtung von unten nach oben geht, und der sowohl die Oberfläche des Bodens als die benachbarten Luftschichten des freyen Theils ihres Feuers beraubt, und zwar mit schnellerer Eile als der Boden diesen Abgang wieder ersetzen kann; nun wird aber das Feuer, was ich nicht zu oft wiederholen kann, nur durch sich selbst in seiner Ausbreitung aufgehalten und eingeschränkt; folglich, wann sich in einer gewissen Höhe eine Wolke zeigt, die vermittelst ihres eigenen Feuers diesen Strom aufhält, so wird dieser in entgegengesezter Richtung nach unten zurükgetrieben, die Feuer Menge, die immer noch aus dem Boden ausfließt, häuft sich in den untern Schichten an, und macht die Temperatur gelinder.

§. 144.

Diese Versuche dienen noch ferner zur Erklärung einer Schwierigkeit, die wegen ihres unmittelbaren Einflusses auf die Höhenmessung vermittelst des Barometers wichtig ist. Wer diesen Gegenstand kennt, und das schöne Werk des Hrn. de Luc, worinnen er diese Methode und ihre Anwendung entwickelt, gelesen hat, wird sich der Bemerkung erinnern,

daß

daß die Beobachtungen, die er gegen Aufgang der Sonne und im heissesten Augenblick des Tages anstellte, mit seinen Regeln größtentheils nicht übereinstimmten, und daß die ersteren immer die Höhen zu klein, und die lezteren sie gewöhnlich zu groß angaben.

Nun lehren die obigen Beobachtungen, daß, wenn man das Thermometer in der Höhe von 5 Fuß über der Erde um Sonnenaufgang beobachtet, Hr. de Luc und alle andere Beobachter die Luft für kälter annehmen, als sie wirklich ist, da sie nur um 70 Fuß weiter oben manchmal schon um 2° wärmer ist; verbessert man nun nach der von de Luc angegebenen Regel den beobachteten Stand des Barometers, so ist der Abzug zu groß, und die Höhen werden folglich zu klein. Das Gegentheil hat im wärmsten Augenblick des Tages statt. Die Beobachtung, die in der Höhe von 5 Fuß über der Erde angestellt worden, zeigt dann nur eine zufällige Wärme, die um einige Fuß höher nicht mehr statt hat; indem man nun die ganze Säule für wärmer annimmt, als sie wirklich ist, so wird durch die Ergänzung der Beobachtung der Abzug zu klein, oder der Zusaz, folglich auch die Höhe, zu groß.

Der Unterschied, von 2° nach der gewöhnlichen, oder von 5° nach der von de Luc angenommenen Skale, der zwischen den beyden Therm. von 5 und 75 Fuß gar häufig auf die eine oder andere Art statt findet, ist beträchtlich genug, um die Resul-

tate auffallend zu verändern. Uebrigens ist es merkwürdig, daß die Stunde, die de Luc als die günstigste für die Genauigkeit der Barometer-Beobachtungen empfiehlt, nemlich diejenige Stunde nach Aufgang oder vor Untergang der Sonne, die durch den fünften Theil der Zeit, den die Sonne über dem Horizont bleibt, ausgedrückt wird, daß diese beynahe die nemliche ist, wo die verschiedenen Gänge des obern und untern Thermometers sich durchkreuzen, und einige Augenblicke mit einander übereinstimmen. Es kommt also in der That auf die Auswahl der Stunde an, um von einer nahe an der Erde beobachteten Temperatur auf die zu schliessen, die bis auf eine gewisse Höhe hinauf herrscht, und um dadurch der wahren mittlern Temperatur, die man sucht, am nächsten zu kommen; man muß aber, wie ich oben bemerkt habe, das Therm. im Schatten beobachten.

§. 145.

Noch ist ein anderer Gegenstand der Untersuchung, die Temperatur betreffend, übrig, über den meine Versuche gleichfalls neues Licht verbreiten können: ich meyne den regelmäßig täglichen Gang der Wärme der Atmosphäre in den verschiedenen Jahrszeiten, und dann besonders die wahre mittlere Wärme in 24 Stunden. In der Art diese leztere Temperatur zu schäzen, beobachtet man nicht allgemein ein gleiches Verfahren. Einige glauben sie durch das arithmetische Mittel zwischen dem wärmsten

und

und kältesten Augenblick oder zwischen dem höchsten und niedrigsten Stand des Therm. während 24 Stunden zu finden, ohne Rücksicht auf die Dauer der verschiedenen Temperaturen, die innerhalb jenen Zeitpuncten statt finden können. Andere bestimmen sie durch das Mittel von drey Beobachtungen, die Morgens, Mittags und Abends angestellt werden. Das wahre Mittel würde man mit der größten Genauigkeit bestimmen, wenn man die Grade des Therm. in 24 Stunden unendlich oft beobachtete, und ihre Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividirte: Je mehr man sich nun bey der wirklichen Bestimmung diesem strengen Grundsaz nähert, desto näher wird auch das Resultat der Wahrheit seyn.

§. 146.

Es geschahe öfters im Verfolg meiner Versuche über die Temperatur der Atmosphäre, daß ich das Thermometer von einer halben Stunde zur andern, von Anbruch des Tages an bis 10 Uhr Abends, beobachtete. Ein andersmal beobachtete ich es im nemlichen Zeitraum alle Viertelstunden. Verbindet man nun mit diesen wirklich angestellten Beobachtungen, die, welche man während der Nacht von 10 Uhr an bis zu Anbruch des folgenden Tages voraussezen kann, und die sehr wahrscheinlich einen zimlich regelmäßigen, in einer arithmetischen Progression abnehmenden, Gang nehmen, so kann man auf diese Art die mittlere Temperatur von 24 Stun-

den aus 48, oder, wenn man alle Viertelstunden beobachtet, aus 96 Beobachtungen berechnen.

Dieser Methode zufolge wählte ich in meinen Beobachtungs-Registern solche, die in der wärmsten Jahreszeit und bey der Temperatur, die um die Zeit der Frühlings-Tag- und Nacht-Gleiche statt hat, in ganz heitern und gleichförmigen Tagen angestellt wurden, um daraus die mittlere Wärme von 24 Stunden zu diesen beyden Zeiten herzuleiten. Die Beobachtungen des 16ten Aug. 1779. geben die Temperatur eines gewöhnlichen Sommertages in unserm Clima, und die des 19ten Merz 1781. die Temperatur eines der ersten Frühlings-Tage.

§. 147.

Von dem ersten jener beyden Tage habe ich 48 Beobachtungen, die miteingerechnet, welche ich von 10 Uhr Abends bis 4 Uhr 10 Min. des Morgens voraussezе. Abends um 10 Uhr verließ ich das Thermometer auf 14°, und fand es Morgens um 4 Uhr 10 Min. auf 10°,1. Diese 3°,9 Unterschied theile ich unter die während der Nacht verflossene $6\frac{1}{2}$ Stunden, und formire durch Voraussezung eben so viele Beobachtungen, die sich wahrscheinlich nur wenig von der Wahrheit entfernen, und dieser Fehler kann auf das Mittel von 24 Stunden nur einen sehr kleinen Einfluß haben. Durch dieses Verfahren finde ich aus 48 Beobachtungen des Therm. im Schatten 5 Fuß von der Erde für die mittlere Temperatur — — — — 16°,1.

Sucht

Sucht man nun in der Reihe der Beobachtungen nach, zu welcher Zeit des Tages das Therm. die nemliche Temperatur gezeigt hat, so findet man, daß dieß um 8 Uhr Morgens und $7\frac{3}{4}$ Uhr Abends statt hatte. Wenn man sich demnach an einem gewöhnlichen heitern Sommertag durch eine einzelne Beobachtung des Therm. von der mittlern Temperatur von 24. Stunden belehren wollte, so mußte man in einer von diesen beyden Stunden die Beobachtung anstellen.

Das Mittel zwischen den äussersten Temperaturen dieses Tages um die Zeit des Aufgangs der Sonne und um 3 Uhr Nachmittags gibt 16°,05. welches mit der obigen Angabe von 24 Stunden gut übereinstimmt. Das Mittel zwischen 3 Beobachtungen des nemlichen Tages die mit Aufgang und Niedergang der Sonne und in dem heissesten Augenblick des Tages angestellt wurden, gibt 16°,5. Welches sich ebenfalls von der Angabe von 24 Stunden nicht weit entfernt.

Der Unterschied unter der kältesten und wärmsten Stunde des Tages war 12°,8.

§. 148.

Verbindet man hiemit die Beobachtungen, die den 19ten Merz 1781. alle Viertelstunden, folglich 96 an der Zahl, angestellt worden sind, so findet man folgende Resultate:

Die mittlere Wärme in 5 Fuß Höhe im Schatten ist — — — — — 5°,8.

Diese Temperatur findet man Morgens um 8 Uhr und Abends um 10 Uhr. Es ist merkwürdig, daß sich die mittlere Temperatur in so verschiedenen Jahrszeiten zu gleicher Zeit, nemlich Morgens um 8 Uhr sich einfindt.

Hingegen gibt das Mittel unter den äussersten Temperaturen dieses Tages — — — 7°,9. die übermäßig, nemlich um 2°,1, von dem Mittel von 24 Stunden abweicht.

Der Unterschied unter den äussersten Temperaturen des Tags war — — — 14°,8.

Hieraus läßt sich abnehmen, das es sehr schwer wäre, eine einfache Formel zu finden, die auf alle Jahrszeiten paßte, und vermittelst zwoer oder dreyer zu bestimmten Zeiten des Tags angestellter Beobachtungen die mittlere Temperatur von 24 Stunden beynahe anzeigte.

§. 149.

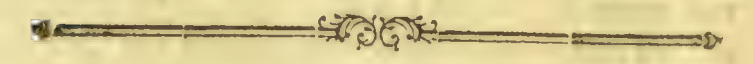
Um mir den in meinen verschiedenen Beobachtungs-Journalen aufgezeichneten Gang der atmosphärischen Wärme deutlich vorstellen zu können, fand ich kein tauglicheres Mittel, als denselben, nach dem Beyspiel anderer Physiker, durch Zeichnung einer krummen Linie vorzustellen. Zu dem Ende nahm ich auf der Axe die Abscissen den Zeiten, die zwischen den Beobachtungen verflossen, proportional, und bezeichnete durch die damit übereinstimmende Ordinaten die Thermometer-Höhen für jede Beobachtung. Durch die Endpuncte dieser

ser Ordinaten ward die Linie gezogen, die bey dem zwischen 10 Uhr Abends und dem Anbruch des folgenden Tags angenommenen Beobachtungen gerad, und gegen die Axe schief war. Ihre Form zeigte auf den ersten Anblick aufs vollständigste und deutlichste, was man nur nach vieler Zeit und mit grosser Aufmerksamkeit aus den Reihen der Ziffern, die die Beobachtungen bezeichneten, entwickeln konnte.

§. 150.

Diese krumme Linie war in dem Theil, der die Beobachtungen gegen 9 Uhr Morgens im Sommer darstellte, unregelmäßig. Sie formirte da 2 oder 3 Zickzack, aus Schuld einer leichten Luftveränderung, die an heitern Tagen beynahe täglich sich zu dieser Zeit einfand, und die Atmosphäre von Zeit zu Zeit verkältete. Hierauf nahm die Linie wieder ihre Regelmäßigkeit an, und ward zwischen 2 und 3 Uhr Nachmittags mit der Axe parallel; von da an bis zu Untergang der Sonne näherte sie sich der Axe mit weit schnelleren Schritten, als sie sich des Morgens von ihr entfernt hatte. Diese Linien haben nach der Verschiedenheit der Jahrszeiten auch verschiedene Formen; die, welche die Beobachtung zur Frühlingszeit darstellen, sind am meisten convex, weil das die Jahrszeit ist, wo die äussersten Unterschiede der Temperatur die beträchtlichsten sind.

Aber ich entferne mich zuweit von meinem Gegenstand: Das folgende Kapitel soll mich wieder darauf zurükführen, und diesen Versuch endigen.



Neuntes Kapitel.

Versuche über die Wärme, die durch das Reiben hervorgebracht wird.

§. 152.

Wenn die Entdeckung einer Wahrheit für den Physiker eine Quelle der lebhaftesten Freude ist, so muß ihm auch die Gelegenheit von einem Irrthum zurükzukommen, selbst wenn er besonders für ihn eingenommen wäre, erwünscht und angenehm seyn, wofern er ein wahrheitliebender Mann ist.

Ich machte diese Erfahrung im Verfolg der Versuche, die dieses Kapitel enthält. Ich glaubte fest, daß die Wärme, die durch Reiben hervorgebracht wird, größtentheils eine gewisse mechanische Zersezung der Luft zwischen den reibenden Flächen zur Ursache habe. Diese Meynung erhielt einige Wahrscheinlichkeit durch die Beobachtung der Stahl-Stückchen, die sich beym Anstoß des Steines an die Batterie von dieser losmachen, und sich im luftleeren Raum nicht eben so geschmolzen zeigen, wie in der freyen Luft; verband ich damit noch die Bemerkung, daß dieses elastische Fluidum eine grosse Menge chymisch gebundenes Feuer enthält, so schien mir

mir jene Hypothese noch fester zu stehen; aber die Erfahrung stieß sie um, wie ich nun zeigen werde.

§. 153.

Um die Versuche über diesen Gegenstand verändern zu können, bediente ich mich folgenden Apparats:

Er besteht in einer Art Uhrwerk, das in einem Gehäus eingeschlossen ist, welches 3 Zoll im Durchmesser, und etwas über 2 in der Höhe hat. Es wird durch eine Feder in Bewegung gesezt, die wie gewöhnlich in einer Trommel, deren Rad 120 Zähne hat, eingeschlossen ist; dieses Rad greift in die Klappen eines Getriebstabs ein, deren in der Anzahl 12 sind, und seine Welle trägt ein Rad von 98 Zähnen; dieses greift in einen Getriebstab von 8 Klappen ein, der ein Rad von 60 Zähnen trägt, welches den lezten Getriebstab von 22 Klappen treibt, der den Mittelpunct der Maschine an der obern Platte einnimmt. Die Welle dieses Getriebstabs ist nach oben zu verlängert, und endigt sich in ein Viereck, worauf die Substanzen, mit denen das Reiben versucht werden soll, angebracht werden. Aus der Anzahl dieser Räder und Zähne folgt, daß der lezte Getriebstab 334 Umwälzungen macht, bis das Rad in der Trommel eine einzige vollendet.

Auf diesem Getriebstab sind verschiedene kleine Becher oder halb kugelförmige Schalen angebracht,

deren Vertiefung nach oben zu gerichtet ist, und ihre untere Fläche hat ein viereckigtes Loch, in das die Welle des Getriebstabs paßt, wodurch dieser jene mit sich herumdreht. Diese Schalen sind von verschiedener Materie und Grösse; ich verfertigte sie theils aus Stahl, theils aus Messing und Holz, und gab ihnen entweder 7 Linien oder $3\frac{1}{2}$ Lin. im Durchmesser.

Unmittelbar über dem Mittelpunct der zum Versuch bestimmten Schale seze ich ein Quecksilber-Thermometer, dessen Kugel nur $2\frac{1}{4}$ Lin. im Durchmesser hat. Dieses Thermometer kann man aufwärts und abwärts rücken, daß es mehr oder minder tief in der Höhlung der Schale steht, doch ohne ihre Seitenwände zu berühren; auf diese Art kann es die Wärme, die durch das Reiben in der Schale verursacht wird, aufs schnellste annehmen und anzeigen.

Das Reiben selbst geschieht an dem äussern Rand der Schale und nach ihrem Aequator; damit sich dabey entweder nach dem Grad des Drucks oder nach der Natur der dem Reiben ausgesezten Substanzen Aenderungen vornehmen lassen, habe ich einen horizontalliegenden Hebel-Arm angebracht, dessen Ruhepunct an dem einen seiner Enden liegt, und dessen Richtung mit einer an den Umkreis der Schale gezogenen Tangente parallel ist; an seinem andern Ende aber ist unter einem rechten Winkel

ein Faden angeknüpft, der über eine Rolle geht, und ein Gewicht trägt, das man nach Gefallen verändern kann.

Der Hebel-Arm hat in der Mitte seiner Länge eine Art Zange mit einer Schraube, in welcher die verschiedenen Substanzen, die die Schale reiben sollen, so befestiget werden, daß ich das Gewicht des Drucks gegen die Schale nach Gefallen bestimmen kann. Denn da der Hebel einarmicht ist, und die Zange an ihm vom Ruhepunct $13\frac{1}{3}$ Lin., und das Gewicht am andern Ende doppelt so weit, nemlich $26\frac{2}{3}$ Lin. entfernt ist, so ist der Druck der reibenden Substanz gegen die Schale doppelt so groß als das angehängte Gewicht; ist dieses 4 Drachmen 18 Gran, so ist der Druck einem Gewicht von 1 Unze 36 Drachmen gleich, und dieß ist auch wirklich die Grösse des Drucks, den ich bey den folgenden Versuchen immer angewandt habe.

Die relative Geschwindigkeit, mit der sich die Substanzen reiben, lerne ich durch einen Versuch folgendergestalt kennen.

Wenn die Schale von Stahl von 7 Linien im Durchmesser an der Welle des Getriebstabs angebracht und am Hebel das oben angegebene Gewicht angehängt, und in der Zange des Hebels ein Stück Messing befestiget wird, um den Stahl zu reiben, so macht das Rad in der Trommel, wenn es los-

geht,

geht, 5 Umwälzungen in 8 Secunden; woraus man schliessen kann, daß der Umkreis der Schale mit einer Geschwindigkeit von 32 Fuß in einer Sec. in diesem Fall sich bewegt.

Wird nun aber an die Stelle der grossen Schale von Stahl die von Messing gesezt, deren Durchmesser um die Hälfte kleiner ist, so wird, wenn der Druck und die reine Substanz die nemliche bleiben, das Rad in der Trommel eine Umwälzung in einer Secunde machen; und dieß gibt für den Umkreis der Schale eine Schnelligkeit von $25\frac{1}{2}$ Fuß auf die Secunde.

Diese zwey Beyspiele zeigen die größte und die kleinste Geschwindigkeit, die ich bey meinen Versuchen anwandte.

Der ganze Apparat ist von solchem Umfang, daß er leicht unter die gewöhnlichen Recipienten gestellt werden kann. Im luftleeren Raum wird er durch eine Welle in Bewegung gesezt, die nach der gewöhnlichen Einrichtung durch eine Hülse von Leder durchgeht, und einen Schnapper losdrückt.

§. 154.

Der erste Gegenstand meiner Versuche war, die Wirkungen des Reibens in der Luft und in dem luftleeren Raum mit einander zu vergleichen.

Zu dem Ende sezte ich die Schale von gehärtetem Stahl an ihren Plaz, befestigte in der Zange ein Stück Diamant-Spath, den die Mineralogen für die härteste Substanz nach dem Diamant halten, und sezte das Räderwerk in der Luft in Bewegung. So lang die Umwälzung dauerte, sprizten Funken hervor, und bildeten einen Strahlen-Büschel, deren Spize am Berührungspunct war.

Das Thermometer, das im Mittelpunct der Schale stand, aber von ihren Seitenwänden immer noch etwas entfernt war, zeigte bey dem Reiben keine Spur von Wärme.

Ich wiederholte den Versuch, und sezte die Thermometer-Kugel ausser der Schale ganz nahe an ihren äussern Rand, weil mir der Gedanke kam, es möchte vielleicht das Feuer, durch den schnellen Umschwung fortgerissen, eine Atmosphäre um den Rand bilden, und hier etwa auf das Thermometer wirken; aber auch bey dieser Einrichtung zeigte es keine Spur von erregter Wärme.

Ich wiederholte alsdann den Versuch im luftleeren Raum, wo die Luft so weit verdünnt war, daß das elastische Fluidum nur noch eine 4 Lin. hohe Quecksilber-Säule hielt; aber auch hier zeigte das Thermometer keine Wärme, hingegen erschienen auch keine Funken. Ich meynte sogar, das Reiben habe nicht einmal Licht erregt, da ich aber

den Versuch in einer vollkommenen Dunkelheit abermals vornahm, bemerkte ich an den Berührungspuncten einen phosphorartigen Schein, der dem ähnlich war, den man beym Aneinanderschlagen harter Steine in der Dunkelheit erblickt.

§. 155.

Diese ersten Erfahrungen mußten mich natürlich auf den Gedanken bringen, daß bey der dermaligen Einrichtung meines Apparats die durch das Reiben erregte Wärme so schwach seyn müsse, daß sie das Thermometer bey solcher Stellung nicht sicher anzeigen könne; denn bis jezt zeigte sich unter den beyden Versuchen in der Luft und im luftleeren Raum kein Unterschied, ausser daß man im ersten Funken, und im zweyten nur ein schwaches phosphorartiges Licht sahe.

§. 156.

Nach diesem nahm ich statt der Schale von Stahl, die 7 Lin. im Durchmesser hatte, die kleine Schale von Messing, deren äusserer Durchmesser nur $3\frac{1}{2}$ Lin. war. Die Kugel des Thermometers senkte ich beynahe ganz in die Höhlung der Schale ein, daß sie ihren Seitenwänden sehr nahe war, und den geringsten Grad erregter Wärme empfinden mußte. In der Zange befestigte ich gleichfalls ein Stück Messing, und ließ bey immer gleichem Druck die Maschine einigemal nach einander in

der

der Luft los; bey jedem Versuch stieg das Therm. ganz gleichförmig um $\frac{3}{10}$ Grad.

Ich bemerkte, daß das Thermometer nie bälder zu steigen anfieng, als nachdem die Maschine ihre Umwälzungen geendiget hatte. Die Ursache hievon war ohne Zweifel die, daß der schnelle Umschwung einen Luftstrom verursachte, der das Feuer eben so schnell aus der Schale nach aussen mit sich zog, als es sich durch das Reiben entwickelte; hörte aber die Bewegung auf, so sahe man das Thermometer während 15 oder 20 Secunden bis auf einen gewissen Punct steigen, der, wie man gleich sehen wird, nach Beschaffenheit der Umstände veränderlich war.

§. 157.

Ich wiederholte den nemlichen Versuch in dem luftleeren Raum, bey 1 Zoll hohem Stand des Elastizitäts-Zeigers, und die mittlere Höhe, um die das Thermometer stieg, war 1°,2; ich bemerkte aber gegen den vorigen Versuch den Unterschied, daß es während der Bewegung der Maschine stieg; welches meine obige Erklärung, warum das Thermometer in der Luft während der Bewegung der Maschine stille stand? bestätigte.

Es erhellet hieraus, daß das Reiben im luftleeren Raum weit mehr Feuer als in der freyen Luft entwickelte; ohne Zweifel verschluckte die spe-

cifische Wärme der Luft einen Theil der entwickelten Wärme, und vergrösserte dadurch den in beyden Fällen beobachteten Unterschied; aber alles dieß war noch nicht hinlänglich, auch nur den Gedanken in mir zu erregen, daß meine angenommene Hypothese Irrthum seyn möchte.

Um mich zu überzeugen, ob die beobachtete Wärme auch wirklich eine Folge des Reibens der Substanz an dem äussern Rand der Schale sey, sezte ich diese in Bewegung, ohne daß sie von aussen durch etwas berührt wurde; das Thermometer blieb aber unverändert.

§. 158.

Bey den bisherigen Versuchen bediente ich mich immer zweyer Substanzen von einerley Metall zum Reiben; nun wollte ich aber auch untersuchen, ob etwa die Härte der reibenden Materien einen Einfluß auf die Erregung der Wärme habe. Zu dem Ende ließ ich die Schale von Messing an ihrem Ort, nahm aber statt des Stücks vom nemlichen Metall, womit jene gerieben wurde, ein Stück weiches Holz von der Art, womit die gewöhnlichen englischen Bleystifte gefaßt werden, und befestigte es so, daß es die Schale nur mit einem sehr schmalen Streif berührte. Bey diesen Umständen stieg das Therm. in der Luft auf die mittlere Höhe von $\frac{7}{10}$ Grad, folglich um $\frac{4}{10}$ Grad höher, als da

die

die nemliche Schale mit Messing in der Luft gerieben wurde.

Um dieser ersten Erfahrung gewisser zu werden, nahm ich statt der messingenen Schale eine von sehr weichem Holz vom nemlichen Durchmesser, und ließ in der Zange das nemliche Stück Holz, das im vorhergehenden Versuch die Schale von Messing rieb.

Bey dieser Einrichtung stieg das Thermometer in der Luft auf eine Höhe von $2° \frac{1}{10}$; diese ist nemlich das Mittel aus drey Versuchen, die nur $\frac{1}{10}$ Grad von einander abwichen. Es zeigte sich also in diesem Fall, wo Holz an Holz gerieben wurde, eine dreymal stärkere Wärme, als da Holz an Messing gerieben wurde, welches meine ersten Resultate bestätiget.

Ich wiederholte diesen Versuch im luftleeren Raum, und beobachtete für die mittlere Höhe des Thermometers $2° \frac{4}{10}$, folglich etwas mehr, als in der Luft, wie bey dem vorhergehenden Versuch.

§. 159.

Um den Einfluß der Luft noch genauer zu bestimmen, entschloß ich mich, den Versuch in den Extremen zu wiederholen, das heißt, sowohl im

luftleeren Raum als in der verdichteten Luft. Die Barometer-Probe in der Verdichtungs-Maschine zeigte 48 Zoll, folglich war die Luft unter der Pumpe um etwa $\frac{3}{4}$ dichter als in der Atmosphäre. Das Thermometer stieg bey diesen Umständen nur um $\frac{5}{10}$ Grad, hingegen im luftleeren Raum, wo die Probe noch 1 Zoll hoch stand, um $2^\circ \frac{4}{10}$. Man sieht wohl, daß, da das Thermometer bey mehreren nachherigen Versuchen mit der nemlichen Schale immer den nemlichen Stand behielt, dieß keine Veränderung in den Resultaten verursachen konnte.

§. 160.

Hingegen ließ mich der Zufall einen Umstand entdecken, der die Resultate beträchtlich änderte, und meine bisherige Hypothese über die Ursache der durch Reiben erregten Wärme durchaus umstieß.

Beym Gebrauch der Schale von Messing war die Thermometer-Kugel wegen des engen Raums der Schale ihren innern Seiten-Wänden so nahe, daß ich bey der geringsten unregelmäßigen Bewegung befürchten mußte, sie möchte gestreift, und durch das sehr heftige Reiben des metallenen Körpers zerstoßen werden. Um diesem Unfall zuvorzukommen, fütterte ich die Höhlung der Schale mit ein wenig Baumwolle, die nur sehr leicht und

an

an wenigen Puncten den untern Theil der Thermometer-Kugel berührte. Mit grossem Erstaunen bemerkte ich, daß dann das Thermometer während des Umlaufs der Schale um 5 bis 6 Grade stieg. Diese Erscheinung ereignete sich, ohne daß am äussern Rand der Schale ein Reiben vorgieng, folglich war sie offenbar eine Folge des, obgleich sehr gelinden, Reibens der Baumwolle an der Thermometer-Kugel. Ich wiederholte und veränderte diesen Versuch auf mehrere Arten, und fand, daß die Wärme in eben dem Maaß stärker wurde, als das Thermometer die Baumwolle mehr berührte und gleichsam drückte. Da das bey diesen Versuchen gebrauchte Thermometer nur um 15° höher steigen konnte, mochte ich die Sache nicht aufs Aeusserste treiben, aus Sorge, dasselbe durch eine stärkere Ausdehnung des Quecksilbers zu zersprengen.

Sicher sind wenige Substanzen weicher als die Fasern der Baumwolle, und doch waren sie unter allen das wirksamste Mittel, durch Reiben Wärme zu erregen. Es ist zwar wahr, daß die Baumwolle zugleich auch die Thermometer-Kugel selbst rieb, da hingegen in den andern Fällen blos die Schale, die die Kugel in sich faßte, gerieben wurde: ich kann mich aber doch nicht überzeugen, daß der ganze Unterschied der Resultate blos der Veränderung dieser Umstände zuzuschreiben sey.

Auch in diesem Fall schien der luftleere Raum der Erregung der Wärme günstiger zu seyn, als die freye Luft, übrigens sieht man wohl, daß Versuche der Art nicht genau mit einander verglichen werden konnten, da sich nie sicher behaupten ließ, ob die Baumwolle in zwey auf einander folgenden Versuchen sich gleich nahe anschloß.

§. 161.

Es ist sehr schwer, Ursachen von den bisher vorgetragenen Erscheinungen anzugeben; es läßt sich blos aus ihnen abnehmen, was die Ursachen nicht seyen. Zum Beyspiel, sie zeigen, daß beym Reiben nicht die Luft als Ursache der Wärme wirke, auch nicht die Härte der reibenden Substanzen, hingegen belehren sie uns nicht über die wahre Ursache, die diese Wirkung in den Körpern hervorbringt.

Daß sich beym Aneinanderstossen des Feuerstahls und Steins Funken zeigen, rührt wahrscheinlich von zwey Ursachen her: erstlich von der Härte des Steins, vermöge welcher er den Stahl angreift, und sehr feine bandförmige Stücke abreißt; und zweytens von der Verbrennlichkeit des Stahls. Durch das Reiben wird nemlich dieses Metall so weit erwärmt, daß sich der Säure erzeugende Stoff (oxygene) zersezen kann, und bietet um seiner beträchtlichen Dünne willen der atmosphärischen Luft

Luft umher eine ansehnliche Oberfläche dar; daher fangt auf dieser die Verbrennung an, und wann sie einmal angefangen hat, so ist die entwickelte Wärme hinlänglich, sie so lang zu unterhalten, bis das Metall ganz verkalkt und in schwarzen Aethiops verwandelt ist.

Dieß ist folglich ein chymisches Phänomen, das im luftleeren Raum nicht statt findet, weil da kein Säure erzeugender Stoff ist.

§. 162.

Vielleicht ist es erlaubt, bey diesem neuen Gegenstand, wo Gewisheit bis jezt noch fehlt, Vermuthungen zu wagen.

Da bey den vorhergehenden Versuchen die Wärme auf eine Art erregt wurde, wie die Electrizität erregt wird, sollte nicht etwa jene eine Wirkung der electrischen Materie seyn, die durch das leichte Reiben der Baumwolle an der Oberfläche der Thermometer = Kugel ohne Zweifel entwickelt wurde? Das Feuer und das electrische Fluidum erleichtern in manchen Fällen einander gegenseitig ihre Entwiklung, und in den obigen Versuchen haben wir ein Beyspiel gesehen, das uns berechtiget, eine solche gegenseitige Wirkung beyder Flüssigkeiten auch in diesem Fall für möglich zu halten. Wenn aber die Electrizität hier nicht beschäftiget

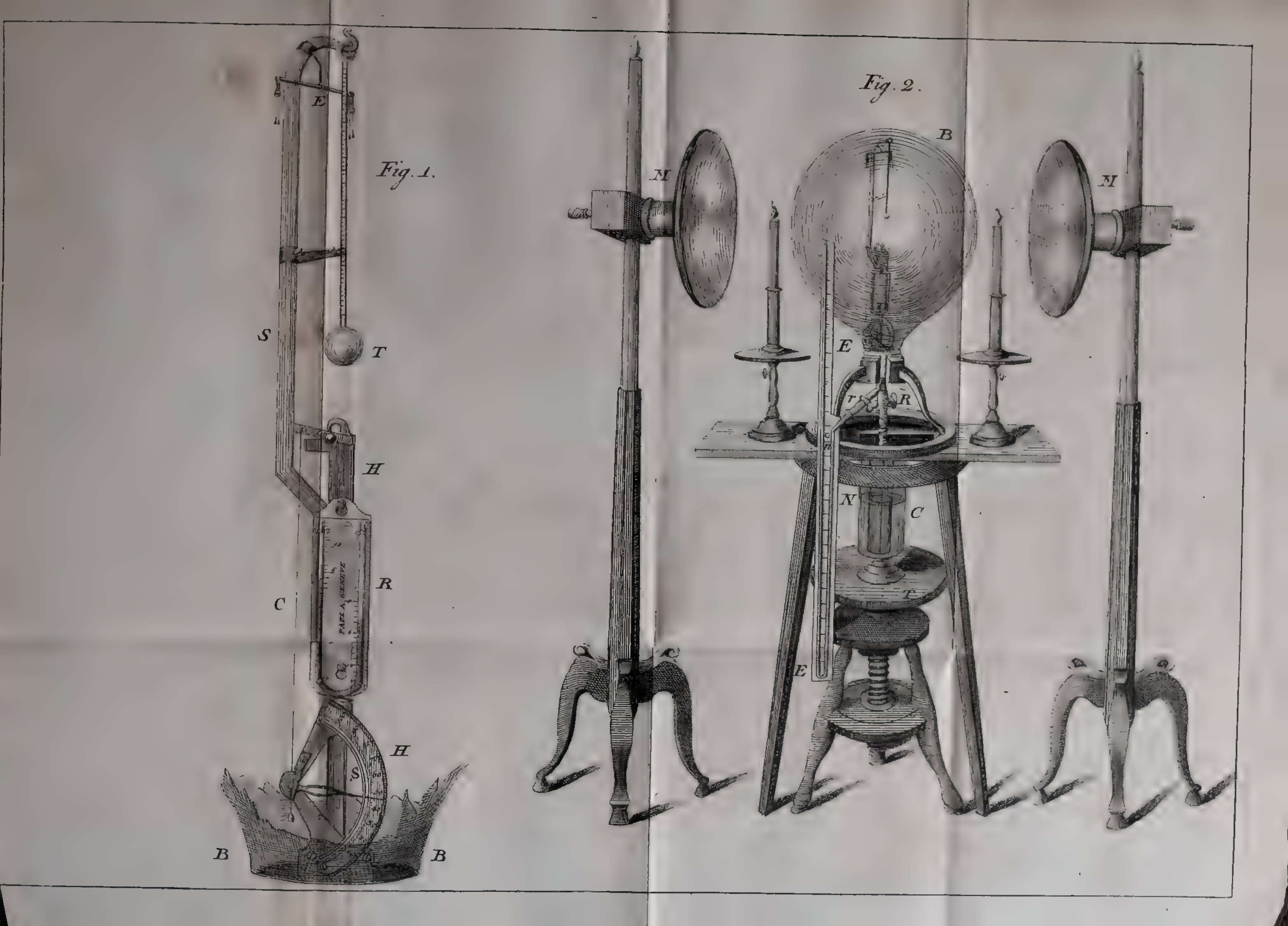
seyn sollte, so fragt sich, ob nicht vielleicht das Reiben eine schwingende Bewegung in der Feuer-Materie, die die Zwischenräume der Substanzen ausfüllt, verursache, und auf diese Art dieses so sehr elastische Wesen in Wirksamkeit seze? Um eine ähnliche Wirkung zum Beyspiel zu geben: wenn man mit dem befeuchteten Finger ganz leicht über den Rand eines Glases hinfährt, so entsteht ein so starker und voller Ton, als wenn man einen harten, festen Körper an das Glas geschlagen hätte; und wenn man mit einem Fidelbogen über die Saiten einer Violine hinfährt, so entsteht ein stärkerer Ton, als wenn man sie mit Gewalt schlägt oder schnellt. Ein besonderer Umstand, den Hr. Thompson *) beobachtete, bestätigte mich in meiner Meynung. Er machte bey dem Artillerie-Geschüz häufig die Erfahrung, daß sich die Röhre weit stärker erhizte, wann sie blos mit Pulver, als wann sie mit einer Kugel zugleich geladen war, und zeigt auf die überzeugendste Weise, daß überhaupt die Entzündung des Pulvers durch seine eigene Wärme nur einen sehr geringen Theil von der verursache, die nach dem Schuß an dem Rohr gefühlt wird. Dieser gelehrte Physiker sucht dieß durch die nemliche Voraussezung, die ich oben angenommen habe, zu erklären: er nimmt an, daß die heftige Erschütterung, die durch die Explosion des Pulvers ohne Kugel verursacht wird, das Feuer in eine weit stärkere Schwin-

*) Philosoph. Transact. 2ter Thl. 1781.

Schwingung verseze, als wenn die Kugel die Explosion verminderere.

Nun fragt sich aber weiter, welche von den Eigenschaften der Körper ist es eigentlich, die solche Schwingungen der Feuer-Materie hervorbringen kann? Ist es etwa ihre natürliche Elastizität? Meine Beobachtungen scheinen das Gegentheil zu beweisen. Wirken vielleicht auch die verschiedene spezifische Wärme der Substanzen und ihre verschiedene Leitungskraft für die Feuer-Materie bey den Phänomenen des Reibens mit? Wenns das ist, so werden die Versuche über diesen Gegenstand sehr verwickelt und schwer.




Fig. 1.
E
S
T
H
R
C
H
S
B
B
PAUL A GENEVE
Fig. 2.
B
M
M
E
r
R
N
C
E

